



# **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

Titulación:

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO**

Título del proyecto:

## **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECTAR PIEZA DE PLÁSTICO**

### **MEMORIA**

Fernando, Andrés Simón

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, Septiembre de 2012

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente me gustaría dedicar este proyecto a mi madre y a mi hermano, que son las personas que más han sufrido mis alegrías y penas, en esta carrera de ingeniería técnica industrial mecánica, que finalizo con la presentación de este proyecto.

Por supuesto tampoco quiero olvidarme de mi novia y seres cercanos, que siempre han estado ahí apoyándome en todo momento.

También quiero agradecer a talleres Mecacontrol la oportunidad que me han dado para poder elaborar este proyecto. En especial a Javi, Marcelo y Blas, que siempre han estado ahí para resolverme tantas dudas como me han surgido en este proyecto.

**INDICE**

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. OBJETO DEL PROYECTO.....	8
3. CONCEPTOS GENERALES.....	9
3.1- Los plásticos.....	9
3.1.1.- Introducción.....	9
3.1.2.- Breve Historia.....	9
3.1.3.- ¿Qué es el Plástico? .....	10
3.1.4.- Propiedades.....	10
3.1.5.- Proceso Productivo.....	11
3.1.6.- Clasificación.....	11
3.1.6.1.- Según el monómero de base.....	11
3.1.6.2.- Según su comportamiento frente al calor.....	12
3.1.6.3.- Según la reacción de síntesis.....	13
3.1.6.4.- Según su estructura molecular.....	14
3.1.6.5.- Elastómeros o cauchos.....	14
3.1.7.- Codificación de los Plásticos.....	15
3.1.8.- Usos más comunes.....	15
3.1.9.- Reciclado.....	15
3.1.10.- Problemas relacionados con el reciclaje.....	19
3.1.- Tipos de moldeos.....	21
3.2.1.- Moldeo por compresión.....	21
3.2.2.- Moldeo por soplado.....	22
3.2.2.1.- Moldeo por inyección soplado.....	22
3.2.2.2.- Moldeo por extrusión soplado.....	23
3.2.2.3.- Moldeo por coextrusión soplado.....	23
3.2.2.4.- Diferentes líneas de trabajo.....	23
3.2.2.5.- Materiales a los que se aplica.....	24
3.2.2.6.- Geometrías obtenidas en las piezas.....	24
3.2.3.- Moldeo rotacional.....	24
3.2.3.1.- Antecedentes históricos.....	24
3.2.3.2.- Principios del molde rotacional.....	25
3.2.3.3.- Con polvo.....	25
3.2.4.- Moldeo en vacío.....	25
3.2.4.1.- Características del proceso.....	26
3.2.4.2.- Proceso de conformado.....	26
3.2.4.3.- Equipo necesario.....	27
3.2.4.4.- Aplicaciones.....	27

3.2.5.- Moldeo por inyección. . . . .	28
3.2.5.1.- Antecedentes históricos. . . . .	28
3.2.5.2.- El principio del moldeo. . . . .	29
3.2.5.3.- Esquema de la maquinaria. . . . .	30
3.2.5.4.- Unidad de inyección. . . . .	30
3.2.5.5.- Unidad de cierre. . . . .	30
3.2.5.6.- Partes del molde. . . . .	31
3.2.5.7.- Ciclo del moldeo. . . . .	32
4. DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA. . . . .	33
4.1.- Geometría de la pieza. . . . .	33
4.2.- Material de la pieza. . . . .	34
4.2.1.- Propiedades del polipropileno. . . . .	35
4.2.2.- Transformación. . . . .	36
4.2.3.- Contracción. . . . .	37
4.2.4.- Presión y viscosidad. . . . .	38
5. DISEÑO DEL MOLDE. . . . .	39
5.1.- Diseño de las cavidades del molde . . . . .	39
5.1.1.- Tiempo de producción / Necesidades / Cavidades . . . . .	39
5.1.2.- Elección del número de cavidades. . . . .	40
5.2.- Diseño de la cavidad de la pieza inyectada . . . . .	42
5.2.1.- Diseño exterior o de contorno. . . . .	42
5.2.2.- Diseño de los huecos de difícil acceso, correderas. . . . .	42
5.2.2.1.- Corredera 1. . . . .	42
5.2.2.2.- Corredera 2. . . . .	43
5.2.2.3.- Corredera 3. . . . .	43
5.2.2.4.- Corredera hidráulica. . . . .	43
5.2.2.5.- Conjunto correderas sobre la pieza inyectada. . . . .	43
5.3.- Sistema de inyección. . . . .	44
5.3.1.- Ajuste de centrado. . . . .	44
5.3.2.- Sistema de alimentación. . . . .	44
5.3.2.1.- Formas y dimensiones del bebedero. . . . .	44
5.3.2.2.- Cámara caliente. . . . .	45
5.3.2.3.- Canales de alimentación. . . . .	46
5.3.2.4.- Colada. . . . .	47
5.3.2.5.- Punto de inyección o entrada . . . . .	48
5.2.3.- Respiraderos. . . . .	49
5.4.- Sistema de refrigeración. . . . .	50
5.5.- Sistema de expulsión. . . . .	51
5.5.1.- Tipos de expulsores. . . . .	53
5.5.2.- Guías de retroceso. . . . .	53
5.5.3.- Detectores de final de carrera. . . . .	54
5.6.- Sistema de centrado y guiado del molde. . . . .	54



6. MATERIAL DE LAS PIEZAS DEL MOLDE.....	55
6.1.- Aceros.....	55
6.1.1.- Aceros cementación.....	61
6.1.2.- Aceros bonificados.....	62
6.1.3.- Aceros resistentes a la corrosión.....	62
6.1.4.- Aceros de templado total.....	63
6.1.5.- Aceros nitrurados.....	64
6.1.6.- Aluminio y sus aleaciones.....	64
6.2.- Materiales obtenidos galvánicamente.....	65
6.3.- Tratamientos superficiales.....	65
6.4.- Tratamientos térmicos.....	66
6.5.- Tratamientos termoquímicos.....	67
6.6.- Elección de los materiales y tratamientos térmicos del molde.....	67
7. DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES PIEZAS DEL MOLDE.....	69
7.1.- Parte fija o de inyección.....	70
7.1.1.- Placa base lado fijo.....	71
7.1.2.- Placa porta cámara caliente.....	71
7.1.3.- Placa cavidad.....	71
7.1.4.- Placa aislante.....	72
7.1.5.- Aro centrador.....	72
7.1.6.- Bebedero.....	72
7.1.7.- Cámara caliente.....	73
7.1.8.- Movimiento cavidad, corredera hidráulica.....	73
7.1.9.- Cuña movimiento.....	74
7.1.10.- Tapa cilindro.....	74
7.2.- Parte móvil o de expulsión.....	75
7.2.1.- Placa base lado móvil.....	76
7.2.2.- Placa sufridera expulsión.....	76
7.2.3.- Placa expulsora.....	76
7.2.4.- Placa macho.....	77
7.2.5.- Regles.....	77
7.2.6.- Corredera movimiento 1.....	77
7.2.7.- Expulsores.....	78
7.2.8.- Guía de retroceso.....	78
7.2.9.- Tirador de expulsión.....	78
7.2.10.- Tacos de apoyo.....	79
7.2.11.- Corredera movimiento 2.....	79
7.2.12.- Corredera movimiento 3.....	79
7.2.13.- Fines de carrera.....	80

7.3.- Elementos comerciales. . . . .	80
7.3.1.- Columnas guía . . . . .	80
7.3.2.- Casquillos. . . . .	81
7.3.3.- Pasadores. . . . .	82
7.3.4.- Cáncamos. . . . .	82
7.3.5.- Conector NV 3/8 . . . . .	82
7.3.6.- Tornillos. . . . .	82
8. ESTUDIO DE LLENADO POR ELEMENTOS FINITOS. . . . .	83
8.1.- Introducción. . . . .	83
8.2.- Programa Moldflow. . . . .	83
8.2.1.- Objetivos de llenado por moldflow. . . . .	84
8.2.2.- Elementos necesarios para un estudio de llenado. . . . .	85
8.2.2.1.- Tamaño de la malla. . . . .	85
8.2.2.2.- Formas de los elementos. . . . .	85
8.2.2.3.- Información necesaria. . . . .	85
8.3.- Resultados del estudio de llenado. . . . .	86
8.3.1.- Análisis de llenado. . . . .	86
8.3.2.- Gráfico de viscosidad-velocidad de cizalla-temperatura. . . . .	88
8.3.3.- Gráfico PVT. . . . .	89
8.3.4.- Tiempo de llenado. . . . .	90
8.3.5.- Distribución de la presión. . . . .	91
8.3.6.- Temperatura en el frente de flujo. . . . .	92
8.3.7.- Líneas de soldadura. . . . .	93
8.3.8.- Contracción volumétrica. . . . .	94
8.3.9.- Deflexión o contracción postmoldeo. . . . .	95
9. RESUMEN PRESUPUESTO. . . . .	96
9.1.- Compra de materiales. . . . .	96
9.2.- Coste de los procesos de fabricación. . . . .	96
9.3.- Chatarra producida en la fabricación. . . . .	96
9.4.- Elementos comerciales. . . . .	97
9.5.- Coste neto. . . . .	97
9.6.- Coste total. . . . .	97

10. FALLOS POTENCIALES EN EL PROCESO DE MOLDEO. ....	98
10.1.- Causa raíz. ....	98
10.2.- Defectos y soluciones comunes. ....	99
10.2.1.- Motas o vetas ....	99
10.2.1.1.- Bebedero con muesca, áspero o que no da abasto. ....	99
10.2.1.2.- Material quemado por la mala ventilación. ....	100
10.2.2.- Ampollas ....	100
10.2.2.1.- Control inadecuado de la temperatura. ....	100
10.2.2.2.- Ventilación insuficiente. ....	100
10.2.3.- Diámetro del bebedero demasiado pequeño. ....	100
10.2.4.- Deformación excesiva. ....	101
10.2.4.1.- Localización inadecuada del ataque. ....	101
10.2.4.2.- Temperatura del molde inconsistente o desigual. ....	101
10.2.5.- Restricciones en canales y/o ataques. ....	101
10.2.6.- Porosidad. ....	102
10.2.7.- Marcas de quemado. ....	102
10.2.8.- Puntos claros. ....	102
10.2.9.- Empaquetamiento desigual de la cavidad. ....	103
10.2.10.- Excesiva lubricación. ....	103
10.2.11.- Pulido insuficiente. ....	103
10.2.12.- Molde demasiado flojo. ....	103
10.2.13.- Decoloración. ....	104
10.2.14.- Zonas de cierre no paralelas. ....	104
10.2.15.- Excesiva longitud del pie del ataque. ....	104
10.2.16.- Líneas de unión (líneas de soldado) ....	105
10.2.17.- Cálculos de dimensionamiento incorrectos. ....	105
10.2.18.- Modelos de de flujo desequilibrados. ....	105
10.2.19.- Ataques demasiado pequeños. ....	106
10.2.20.- Deformación en la expulsión ....	106
10.3.- Reparación, protección y almacenamiento de moldes. ....	106
11. AMBIENTALIZACIÓN DEL PROYECTO. ....	107
12. CONCLUSIONES ....	108

# 1.-INTRODUCCIÓN

Hoy en día no cabe duda de que los plásticos juegan un papel fundamental en nuestras vidas. Desde que se inventasen en el siglo XIX los primeros plásticos, estos se han desarrollado y convertido en un material con múltiples aplicaciones.

En nuestra vida cotidiana los podemos encontrar en la mayoría de objetos a nuestro alrededor. Tienen una gran variedad de tamaños, colores y texturas gracias a los cuales se convierten en el material más versátil para fabricar cualquier objeto que deseemos. Es quizás por su abundancia que muchas veces no nos paramos a pensar en los procesos que hacen que partiendo de polímeros, ya sea en forma de gránulos o polvo, obtengamos todo tipo de piezas y además a un alto nivel de producción.

La industria que da forma a los plásticos ha evolucionado enormemente y se han producido grandes avances en lo referente a la mejora de la calidad de los productos y a los tiempos de ciclo de producción. Esto último ha sido posible especialmente gracias al desarrollo de software de simulación de las condiciones que se producen en los moldes, dejando a un lado el sistema prueba-fallo-prueba tan costoso por el tiempo y dinero necesarios para obtener resultados óptimos.

Mediante la simulación se pueden reproducir todos los estados desde que comienza la inyección hasta que las piezas se enfrían y están dispuestas a ser expulsadas del molde. De esta forma se pueden modificar los parámetros que entran en juego en el proceso hasta dar con las condiciones óptimas para reproducirlas en la realidad.

## 2.-OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el diseño de un molde para inyección de plásticos cuyo fin sea la producción en serie de una pieza interna de una nevera domestica.

Debido a la complejidad geométrica de la pieza, se procederá al estudio en profundidad de la inyección y posterior enfriamiento del plástico en la cavidad por medio del programa de simulación por elementos finitos Moldflow.

Mediante la modificación de los diferentes parámetros que intervienen en todo el proceso de llenado y posterior enfriamiento procederemos a la optimización de los tiempos que suponen para que todo el proceso se desarrolle de la manera más rápida posible manteniendo unos resultados aceptables en términos de consistencia estructural, acabado superficial, precisión geométrica y aspecto visual.

Así, una vez optimizado todo el proceso, procederemos a definir por planos la geometría del molde, así como el equipamiento a utilizar para que se pueda llevar a cabo su fabricación de cara a producir dicha pieza en serie en la industria.

También se realizará una descripción de las diferentes variantes que existen a la hora de diseñar moldes en lo relativo al sistema de alimentación, materiales, sistemas de refrigeración...etc. Asimismo se verá cuales son los defectos más comunes que podemos tener en las piezas que fabriquemos y sus soluciones más comunes.

## 3.- CONCEPTOS GENERALES

### 3.1- Los Plásticos

#### 3.1.1- Introducción

Los plásticos son una parte importante de nuestra vida diaria, los productos hechos de plástico van desde productos sofisticados como una prótesis de cadera y articulaciones para rodilla hasta platos y cubiertos desechables, una de las razones de la gran popularidad y desarrollo estos materiales se debe a su amplia gama de propiedades descubiertas y a su relativa facilidad de procesamiento. Sus propiedades se pueden ajustar para satisfacer necesidades específicas variando estructura atómica y sus características físicas con cargas y aditivos.

Los tiempos en que vivimos podrían conocerse como la era de digital y sin embargo también podríamos definirla como la era de los PLÁSTICOS dado que la producción de estos ha sobrepasado a la del acero (en volumen) desde 1979 y en los últimos veinte años el volumen de los plásticos producidos se ha más que duplicado.

#### 3.1.2- Breve Historia

El invento del primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860, cuando el fabricante estadounidense de bolas de billar Phelan and Collarder ofreció una recompensa de 10.000 dólares a quien consiguiera un sustituto del marfil natural, destinado a la fabricación de bolas de billar. Una de las personas que compitieron fue el inventor norteamericano John Wesley Hyatt, quien desarrolló el celuloide disolviendo celulosa (material de origen natural) en una solución de alcanfor y etanol. Si bien Hyatt no ganó el premio, consiguió un producto muy comercial que sería vital para el posterior desarrollo de la industria cinematográfica de finales de siglo XIX.

En 1909 el químico norteamericano de origen belga Leo Hendrik Baekeland sintetizó un polímero de gran interés comercial, a partir de moléculas de fenol y formaldehído. Se bautizó con el nombre de baquelita y fue el primer plástico totalmente sintético de la historia, fue la primera de una serie de resinas sintéticas que revolucionaron la tecnología moderna iniciando la «era del plástico». A lo largo del siglo XX el uso del plástico se hizo extremadamente popular y llegó a sustituir a otros materiales tanto en el ámbito doméstico, como industrial y comercial.

En 1920 se produjo un acontecimiento que marcaría la pauta en el desarrollo de los materiales plásticos. El químico alemán Hermann Staudinger aventuró que éstos se componían en realidad de moléculas gigantes o macromoléculas. Los esfuerzos realizados para probar estas afirmaciones iniciaron numerosas investigaciones científicas que produjeron enormes avances en esta parte de la química.

Hoy en día se pueden conocer casi todas las propiedades de un plástico. Dada la gran variedad de plásticos que existe en la actualidad y la constante aparición de nuevos materiales, es cada vez mayor el uso de los plásticos para la fabricación de cualquier pieza en todos los sectores. Estos materiales presentan una enorme variedad de propiedades muy diferentes, y conociendo su comportamiento, se puede obtener mucha información para cada aplicación específica.

### 3.1.3.- ¿Qué es el plástico?

El término plástico en su significación más general, se aplica a las sustancias de similares estructuras que carecen de un punto fijo de evaporación y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido concreto, nombra ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación semi-natural de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

La palabra plástico se usó originalmente como adjetivo para denotar un escaso grado de movilidad y facilidad para adquirir cierta forma, sentido que se conserva en el término plasticidad.

### 3.1.4.- Propiedades

Los plásticos son sustancias químicas sintéticas denominados polímeros, de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono. Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización. Los plásticos proporcionan el balance necesario de propiedades que no pueden lograrse con otros materiales por ejemplo: color, poco peso, tacto agradable y resistencia a la degradación ambiental y biológica.

De hecho, plástico se refiere a un estado del material, pero no al material en sí. Los polímeros sintéticos habitualmente llamados plásticos, son en realidad materiales sintéticos que pueden alcanzar el estado plástico, esto es cuando el material se encuentra viscoso o fluido, y no tiene propiedades de resistencia a esfuerzos mecánicos. Este estado se alcanza cuando el material en estado sólido se transforma en estado plástico generalmente por calentamiento, y es ideal para los diferentes procesos productivos ya que en este estado es cuando el material puede manipularse de las distintas formas que existen en la actualidad. Así que la palabra plástico es una forma de referirse a materiales sintéticos capaces de entrar en un estado plástico, pero plástico no es necesariamente el grupo de materiales a los que cotidianamente hace referencia esta palabra.

Las propiedades y características de la mayoría de los plásticos (aunque no siempre se cumplen en determinados plásticos especiales) son estas:

- Fáciles de trabajar y moldear
- Tienen un bajo costo de producción
- Poseen baja densidad
- Suelen ser impermeables
- Buenos aislantes eléctricos
- Aceptables aislantes acústicos
- Buenos aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas muy elevadas
- Resistentes a la corrosión y a muchos factores químicos
- Algunos no son biodegradables ni fáciles de reciclar, y si se queman, son muy contaminantes.

### 3.1.5.- Proceso productivo

La primera parte de la producción de plásticos consiste en la elaboración de polímeros en la industria química. Hoy en día la recuperación de plásticos post-consumidor es esencial también. Parte de los plásticos terminados por la industria se usan directamente en forma de grano o resina. Más frecuentemente, se utilizan varias formas de moldeo (por inyección, compresión, rotación, inflación, etc.) o la extrusión de perfiles o hilos. Parte del mayor proceso de plásticos se realiza en un horno.

### 3.1.6.- Clasificación de los plásticos

#### 3.1.6.1.- Según el monómero base

En esta clasificación se considera el origen del monómero del cual parte la producción del polímero.

- Naturales: Son los polímeros cuyos monómeros son derivados de productos de origen natural con ciertas características como, por ejemplo, la celulosa, la caseína y el caucho. Dentro de dos de estos ejemplos existen otros plásticos de los cuales provienen:
  - Los derivados de la celulosa son: el celuloide y el celofán.
  - Los derivados del caucho son: la goma y la ebonita.
- Sintéticos: Son aquellos que tienen origen en productos elaborados por el hombre, principalmente derivados del petróleo como lo son las bolsas de polietileno.



### 3.1.6.2.- Según su comportamiento frente al calor

#### Termoplásticos

Un termoplástico es un plástico que, a temperatura ambiente, es plástico o deformable, se convierte en un líquido cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría suficiente. La mayoría de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los que poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas Van der Waals (Polietileno); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno; o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno). Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse éstos pueden recalentarse y formar otros objetos, ya que en el caso de los termoestables o termoduros, su forma después de enfriarse no cambia y este prefiere incendiarse.



Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces.

Los principales son:

- Resinas celulósicas: obtenidas a partir de la celulosa, el material constituyente de la parte leñosa de las plantas. Pertenece a este grupo el rayón.
- Polietilenos y derivados: Emplean como materia prima el etileno obtenido del craqueo del petróleo que, tratado posteriormente, permite obtener diferentes monómeros como acetato de vinilo, alcohol vinílico, cloruro de vinilo, etc. Pertenecen a este grupo el PVC, el poliestireno, el metacrilato, etc.
- Derivados de las proteínas: Pertenecen a este grupo el nailon y el perlón, obtenidos a partir de las diamidas.
- Derivados del caucho: Son ejemplo de este grupo los llamados comercialmente *pliofilmes*, clorhidratos de caucho obtenidos adicionando ácido clorhídrico a los polímeros de caucho.



## Termoestables

Los plásticos termoestables son materiales que una vez que han sufrido el proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación, se convierten en materiales rígidos que no vuelven a fundirse. Generalmente para su obtención se parte de un aldehído.

- Polímeros del fenol: Son plásticos duros, insolubles e infusibles pero, si durante su fabricación se emplea un exceso de fenol, se obtienen termoplásticos.



- Resinas epoxi.
- Resinas melamínicas.
- Baquelita.
- Aminoplásticos: Polímeros de urea y derivados. Pertenecen a este grupo la melamina.
- Poliésteres: Resinas procedentes de la esterificación de polialcoholes, que suelen emplearse en barnices. Si el ácido no está en exceso, se obtienen termoplásticos.

*En la imagen superior, un teléfono hecho de baquelita.*

### 3.1.6.3.- Según la reacción de síntesis

También pueden clasificarse según la reacción que produjo el polímero:

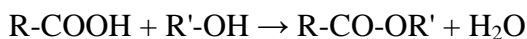
#### Polímeros de adición

Implican siempre la ruptura o apertura de una unión del monómero para permitir la formación de una cadena. En la medida que las moléculas son más largas y pesadas, la cera parafínica se vuelve más dura y más tenaz. Ejemplo:



#### Polímeros de condensación

Son aquellos donde los monómeros deben tener, por lo menos, dos grupos reactivos por monómero para darle continuidad a la cadena. Ejemplo:



#### Polímeros formados por etapas

La cadena de polímero va creciendo gradualmente mientras haya monómeros disponibles, añadiendo un monómero cada vez. Esta categoría incluye todos los polímeros de condensación de Carothers y además algunos otros que no liberan moléculas pequeñas pero sí se forman gradualmente, como por ejemplo los poliuretanos.

### 3.1.6.4.- Según su estructura molecular

#### Amorfos



Son amorfos los plásticos en los que las moléculas no presentan ningún tipo de orden; están dispuestas desordenadamente sin corresponder a ningún orden. Al no tener orden entre cadenas se crean unos huecos por los que la luz pasa, por esta razón los polímeros amorfos son transparentes.

#### Semicristalinos

Los polímeros semicristalinos Tienen zonas con cierto tipo de orden junto con zonas amorfas. En este caso al tener un orden existen menos huecos entre cadenas por lo que no pasa la luz a no ser que posean un espesor pequeño.

#### Cristalizables

Según la velocidad de enfriamiento, puede disminuirse (enfriamiento rápido) o incrementarse (enfriamiento lento) el porcentaje de cristalinidad de un polímero semicristalino, sin embargo, un polímero amorfo, no presentará cristalinidad aunque su velocidad de enfriamiento sea extremadamente lenta.

#### Comodities

Son aquellos que tienen una fabricación, disponibilidad, y demanda mundial, tienen un rango de precios internacional y no requieren gran tecnología para su fabricación y procesamiento.

#### De ingeniería

Son los materiales que se utilizan de manera muy específica, creados prácticamente para cumplir una determinada función, requieren tecnología especializada para su fabricación o su procesamiento y de precio relativamente alto.

### 3.1.6.5.- Elastómeros o cauchos




Los elastómeros se caracterizan por su gran elasticidad y capacidad de estiramiento y rebote, recuperando su forma original una vez que se retira la fuerza que los deformaba. Comprende los cauchos naturales obtenidos a partir del látex natural y sintéticos; entre estos últimos se encuentran el neopreno y el polibutadieno.

Los elastómeros son materiales de moléculas grandes las cuales después de ser deformadas a temperatura ambiente, recobran en mayor medida su tamaño y geometría al ser liberada la fuerza que los deformó.

### 3.1.7.- Codificación de plásticos

Existe una gran variedad de plásticos y para clasificarlos, existe un sistema de codificación que se muestra en la Tabla 1. Los productos llevan una marca que consiste en el símbolo

internacional de reciclado  con el código correspondiente en medio según el material específico. El objetivo principal de este código es la identificación del tipo de polímero del que está hecho el plástico para su correcto reciclaje.

El número presente en el código, es un número designado arbitrariamente para la identificación del polímero del que está hecho el plástico y no tiene nada que ver con la dificultad de reciclaje ni dureza del plástico en cuestión.

Tabla 1. Codificación internacional para los distintos plásticos.

Tipo de plástico:	<a href="#">Polietileno Tereftalato</a>	<a href="#">Polietileno de alta densidad</a>	<a href="#">Policloruro de vinilo</a>	<a href="#">Polietileno de baja densidad</a>	<a href="#">Polipropileno</a>	<a href="#">Poliestireno</a>	Otros
Acrónimo	PET	PEAD/ PEHD	PVC	PEBD/ PELD	PP	PS	Otros
Código	1	2	3	4	5	6	7

### 3.1.8.- Usos más comunes

- Aplicaciones en el sector industrial: piezas de motores, aparatos eléctricos y electrónicos, carrocerías, aislantes eléctricos, etc.
- En construcción: tuberías, impermeabilizantes, espumas aislantes de poliestireno, etc.
- Industrias de consumo y otras: envoltorios, juguetes, envoltorios de juguetes, maletas, artículos deportivos, fibras textiles, muebles, bolsas de basura, etc.

### 3.1.9.- Reciclado

Es fácil percibir cómo los desechos plásticos, por ejemplo de envases de líquidos como el aceite de cocina, no son susceptibles de asimilarse de nuevo en la naturaleza, porque su material tarda aproximadamente unos 180 años en degradarse.

Ante esta realidad, se ha establecido el reciclado de tales productos de plástico, que ha consistido básicamente en recolectarlos, limpiarlos, seleccionarlos por tipo de material y fundirlos de nuevo para usarlos como materia prima adicional, alternativa o sustituta para el moldeado de otros productos.

De esta forma la humanidad ha encontrado una forma adecuada para evitar la contaminación de productos que por su composición, materiales o componentes, no son fáciles de desechar de forma convencional.

Se pueden salvar grandes cantidades de recursos naturales no renovables cuando en los procesos de producción se utilizan materiales "reciclados". Los recursos renovables, como los árboles, también pueden ser salvados. La utilización de productos reciclados disminuye el consumo de energía. Cuando se consuman menos combustibles fósiles, se generará menos CO<sub>2</sub> y por lo tanto habrá menos lluvia ácida y se reducirá el efecto invernadero.

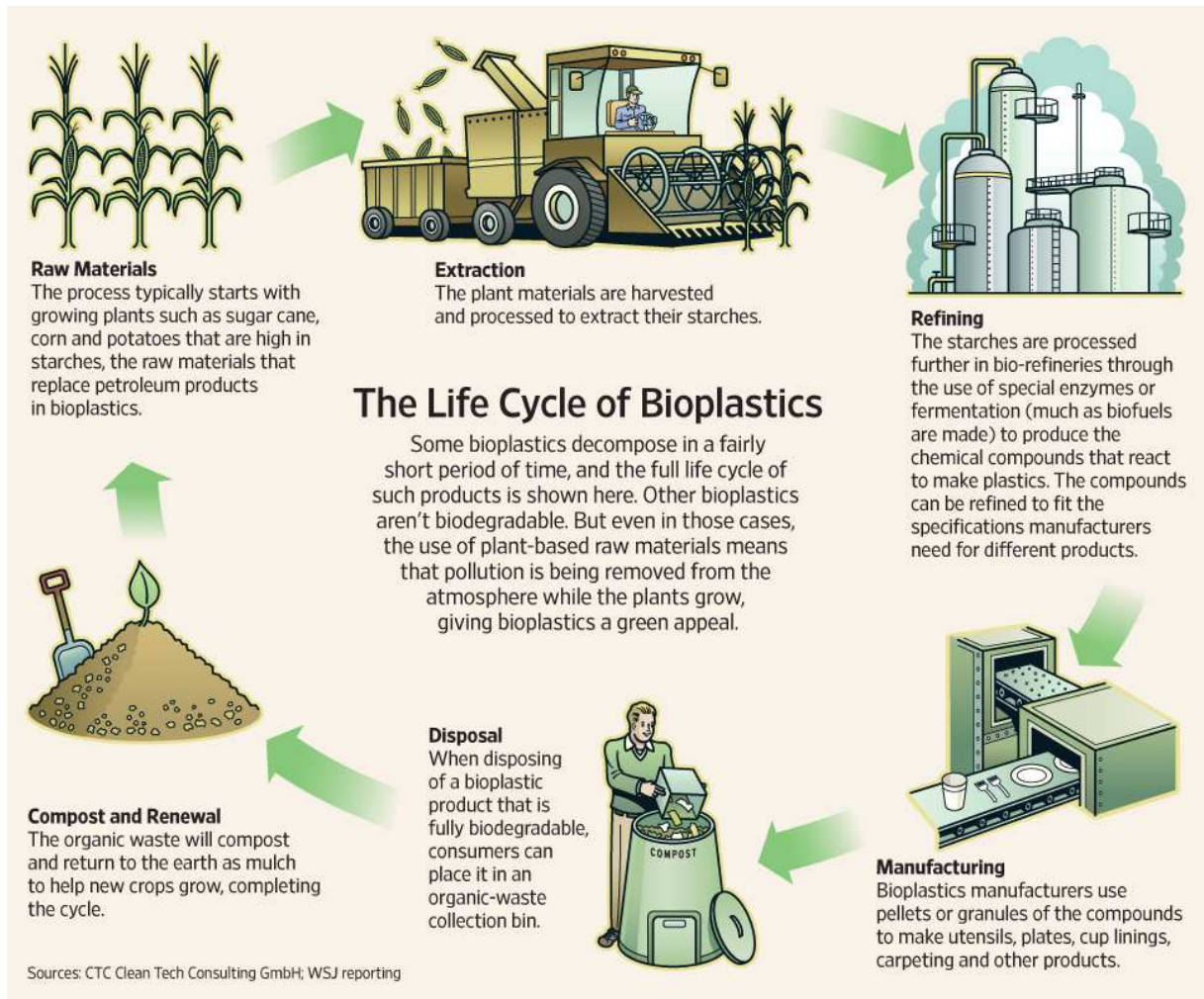
Desde el punto de vista financiero: Un buen proceso de reciclaje es capaz de generar ingresos. Por lo anteriormente expuesto, se hace ineludible mejorar y establecer nuevas tecnologías en cuanto a los procesos de recuperación de plásticos y buscar solución a este problema tan nocivo para la sociedad y que día a día va en aumento deteriorando al medio ambiente. En las secciones siguientes se plantea el diseño de un fundidor para polietileno de baja densidad, su uso, sus características, recomendación y el impacto positivo que proporcionará a la comunidad.

Algunos plásticos no son recuperables, como el poliestireno cristal y la bakelita.

### Plásticos biodegradables

A fines del siglo XX el precio del petróleo disminuyó, y de la misma manera decayó el interés por los plásticos biodegradables. En los últimos años esta tendencia se ha revertido, además de producirse un aumento en el precio del petróleo, se ha tomado mayor conciencia de que las reservas petroleras se están agotando de manera alarmante. Dentro de este contexto, se observa un marcado incremento en el interés científico e industrial en la investigación para la producción de plásticos biodegradables o EDPs (*environmentally degradable polymers and plastics*). La fabricación de plásticos biodegradables a partir de materiales naturales, es uno de los grandes retos en diferentes sectores; industriales, agrícolas, y de materiales para servicios varios. Ante esta perspectiva, las investigaciones que involucran a los plásticos obtenidos de otras fuentes han tomado un nuevo impulso y los polihidroxialcanoatos aparecen como una alternativa altamente prometedora.

La sustitución de los plásticos actuales por plásticos biodegradables es una vía por la cual el efecto contaminante de aquellos, se vería disminuido en el medio ambiente. Los desechos de plásticos biodegradables pueden ser tratados como desechos orgánicos y eliminarlos en los depósitos sanitarios, donde su degradación se realice en exigüos períodos de tiempo.



Los polímeros biodegradables se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Polímeros extraídos o removidos directamente de la biomasa: polisacáridos como almidón y celulosa. Proteínas como caseína, queratina, y colágeno.
- Polímeros producidos por síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables.
- Polímeros producidos por microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente.

Dentro de la última categoría se hallan los plásticos biodegradables producidos por bacterias, en este grupo encontramos a los PHAs y al ácido poliláctico (PLA). Los PHAs debido a su origen de fuentes renovables y por el hecho de ser biodegradables, se denominan “polímeros doblemente verdes”. El PLA, monómero natural producido por vías fermentativas a partir de elementos ricos en azúcares, celulosa y almidón, es polimerizado por el hombre. Los bioplásticos presentan propiedades fisicoquímicas y termoplásticas iguales a las de los polímeros fabricados a partir del petróleo, pero una vez depositados en condiciones favorables, se biodegradan.



## Ácido poliláctico (PLA)

El almidón es un polímero natural, un gran hidrato de carbono que las plantas sintetizan durante la fotosíntesis que sirve como reserva de energía. Los cereales como el maíz y trigo contienen gran cantidad de almidón y son la fuente principal para la producción de PLA. Los bioplásticos producidos a partir de este polímero tienen la característica de una resina que puede inyectarse, extruirse y termoformarse.



La producción de este biopolímero empieza con el almidón que se extrae del maíz, luego los microorganismos lo transforman en una molécula más pequeña de ácido láctico o 2 hidroxipropiónico (monómero), la cual es la materia prima que se polimeriza formando cadenas, con una estructura molecular similar a los productos de origen petroquímico, que se unen entre sí para formar el plástico llamado PLA.

El PLA es uno de los plásticos biodegradables actualmente más estudiados, se encuentra disponible en el mercado desde 1990. Es utilizado en la fabricación de botellas transparentes para bebidas frías, bandejas de envasado para alimentos, y otras numerosas aplicaciones.

## Polihidroxialcanoatos

En general los PHAs son insolubles en agua, biodegradables, no tóxicos, por lo cual uno de los principales beneficios que se obtienen de la aplicación de PHAs, es el ambiental. La utilización de estos productos, reduce la dependencia del petróleo por parte de la industria plástica, provoca una disminución de los residuos sólidos y se observaría una reducción de la emisión de gases que provocan el efecto invernadero.

Los puntos de interés en cuanto a aplicaciones de bioplásticos, de acuerdo con la IBAW (Asociación Internacional y Grupo de Trabajo de Polímeros Biodegradables) se centran en los sectores de empaque, medicina, agricultura y productos desechables.



Sin embargo, con el avance de esta industria se ha ampliado la utilización de biomateriales aplicándose en: teléfonos móviles, ordenadores, dispositivos de audio y video. De acuerdo a esta información se ha establecido que el 10% de los plásticos que actualmente se emplean en la industria electrónica pueden ser reemplazados por biopolímeros.

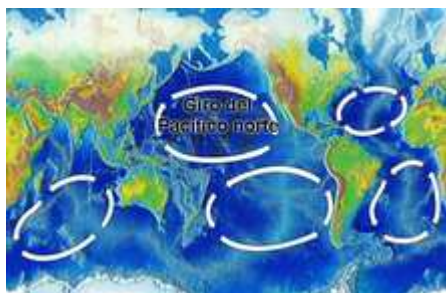
### 3.1.10- Problemas relacionados con el reciclaje

En la vida moderna el plástico ha constituido un fenómeno de indudable trascendencia. Hoy en día el hombre vive rodeado de objetos plásticos que en siglos anteriores no eran necesarios para la vida cotidiana. Los plásticos se han fabricado para satisfacer las demandas de una gran variedad de usos, dando lugar a una vasta industria donde la civilización debería llamarse la civilización del plástico, debido al papel determinante que ha desempeñado este material en su desarrollo, en el mejoramiento de las condiciones de la vida del hombre y el acelerado crecimiento de la ciencia y la tecnología.

En general, las personas tienen muy poco conocimiento sobre lo que es un plástico, cómo se obtiene, cuáles son los tipos de plástico y sus aplicaciones, y cuáles son los procesos de transformación del mismo. Estas informaciones son importantes para quienes trabajan en la comercialización de plásticos, e industrias de producción o transformación del plástico, o apenas curiosos por el asunto. De tal forma surge como necesidad en este proyecto mostrar a una parte importante de la población las graves consecuencias del mal uso del plástico que va desde la manera de obtención, hasta los procesos que se utilizan para reciclarlos.

Cabe destacar que el plástico es una sustancia muy importante para el desarrollo de la industria ya que su material sintético o natural que contiene como ingredientes esenciales sustancias orgánicas de elevada masa molecular llamada polímero.

#### Problemas medioambientales



La sopa de plástico, situada en el giro oceánico del Pacífico norte, es el mayor vertedero de materiales plásticos del mundo. Se estima que tiene un tamaño de 1.400.000 km<sup>2</sup>.

Actualmente estos plásticos son muy utilizados como envases o envolturas de sustancias o artículos alimenticios que al desecharse sin control, tras su utilización, han originado gigantescos basureros marinos, como la llamada «sopa de plástico», el mayor vertedero del mundo.

De este modo, surge el problema asociado a la contaminación ambiental, muchas veces producto del desecho de los plásticos de alta y baja densidad. Las características moleculares (tipos de polímeros) del plástico contribuyen a que presenten una gran resistencia a la degradación ambiental y con mayor razón a la biodegradación.

La radiación UV del sol es la única forma de degradación natural que hace sentir sus efectos en el plástico a mediano plazo, destruyendo los enlaces poliméricos y tornándolo frágil y quebradizo.

Como es evidente el desecho acumulativo de estos plásticos al ambiente trae graves consecuencias a las comunidades como lo son las enfermedades entre las cuales se encuentra el dengue; producida por el acumulamiento de basura y estancamiento de aguas negras. Entre otras de las consecuencias importantes que se pueden mencionar son las obstrucciones de las tuberías de aguas negras.

Aunado a ello el desecho de estos materiales plásticos al ambiente provoca la disminución del embellecimiento de algunas áreas, establecimientos, municipios, ciudades y estados.

Los plásticos arrojados al mar que presentan flotabilidad son un gran problema en las zonas de calmas ecuatoriales, ya que se van reuniendo en esos sectores acumulándose en grandes cantidades.



En Chile, durante una grave sequía producida en 1967 en la IV región de La Serena, una gran cantidad ganado caprino de las estancias rurales aledañas a la Ruta Panamericana se alimentó en los restos plásticos (bolsas de polietileno) que se desechaban a las orillas por los usuarios, provocando la muerte en masa al cabo de unas pocas horas después de la ingesta.

*Restos de un albatros muerto a causa de la ingesta de restos plásticos.*

Muchas de las ventajas de los productos plásticos se convierten en una desventaja en el momento que desechamos ya sea el envase porque es descartable o bien cuando tiramos objetos de plástico porque se han roto.

Si bien los plásticos podrían ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, lo cierto es que hoy estos desechos son un problema de difícil solución, fundamentalmente en las grandes ciudades. Es realmente una tarea costosa y compleja para los municipios encargados de la recolección y disposición final de los residuos ya que a la cantidad de envases se le debe sumar el volumen que representan.

Por sus características los plásticos generan problemas en la recolección, traslado y disposición final. Algunos datos nos alertan sobre esto. Por ejemplo, un camión con una capacidad para transportar 12 toneladas de desechos comunes, transportará apenas 5 o 6 toneladas de plásticos compactados, y apenas 2 de plástico sin compactar.

Dentro del total de plásticos descartables que hoy van a la basura se destaca en los últimos años el aumento sostenido de los envases de PET, proveniente fundamentalmente de botellas descartables de aguas de mesa, aceites y bebidas alcohólicas y no alcohólicas. Las empresas vienen sustituyendo los envases de vidrio por los de plástico retornables en un comienzo, y no retornables posteriormente. Esta decisión implica un permanente cambio en la composición de la basura. Por ejemplo en Uruguay este proceso se ha acelerado desde mediados de 1996, agravándose durante 1997 cuando además, muchos envases retornables de vidrio se transformaron en vidrio descartable.

De esta manera, resulta claro que el abandono de estos materiales al medio ambiente representa un grave problema ambiental.

Por consiguiente existe la inquietud de elaborar un equipo con la capacidad de recuperar dichos plásticos que han sido desechados por la sociedad, los cuales son considerados no reutilizables.



De este modo surge como propósito diseñar un equipo que utilice energía térmica por inducción fundiendo el polietileno de baja densidad que se encuentren depositados en el mismo, una vez fundidos, aglomerados y en estado líquido pasan a ser vertidos a un molde para elaborar otros productos que serán utilizados en otras aplicaciones.

Un material candidato a sustituir al petróleo es el cáñamo, utilizable para todos los usos petroquímicos, pero que además es 100% biodegradable y altamente reciclable.

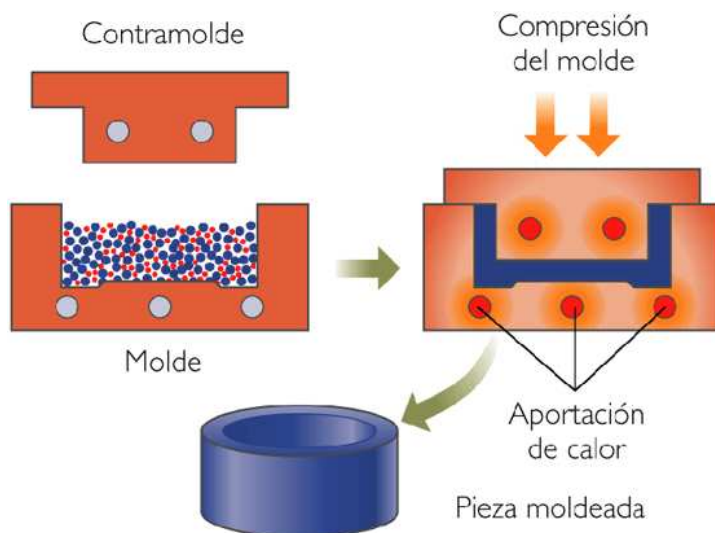
### Madera plástica

Otra de las soluciones que se han planteado ante la acumulación de residuos plásticos ha sido la madera plástica.

## 3.2.- Tipos de moldeos

### 3.2.1.- Moldeo por compresión

El **moldeo por compresión** es un proceso de conformado de piezas en el que el material, generalmente un polímero, es introducido en un molde abierto al que luego se le aplica presión para que el material adopte la forma del molde y calor para que el material reticule y adopte definitivamente la forma deseada.



En algunos casos la reticulación es acelerada añadiendo reactivos químicos, por ejemplo peróxidos. Se habla entonces de moldeo por compresión con reacción química.

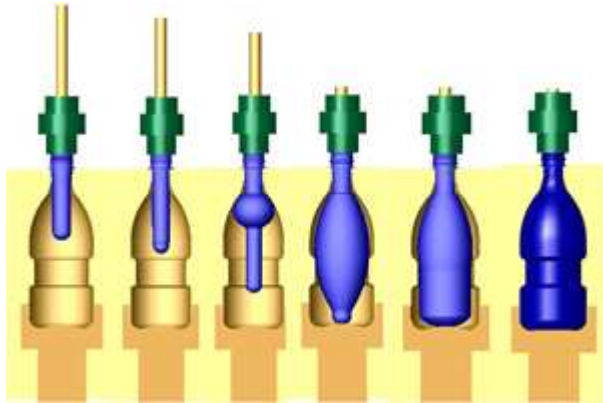
También se utiliza este proceso con materiales compuestos, por ejemplo plásticos reforzados con fibra de vidrio. En este caso el material no reticula sino que

adopta una forma fija gracias a la orientación imprimida a las fibras durante la compresión.

El moldeo por compresión se utiliza en forma común para procesar compuesto de madera y plástico, obteniendo un material económico y durable que generalmente se usa en techos, pisos y perfiles en diseño de jardines. El moldeo por compresión es el método menos utilizado en obtención de piezas.

### 3.2.2.- Moldeo por soplado

El moldeo por soplado es un proceso utilizado para fabricar piezas de plástico huecas gracias a la expansión del material. Esto se consigue por medio de la presión que ejerce el aire en las paredes de la preforma, si se trata de inyección-soplado, o del párison, si hablamos de extrusión-soplado.

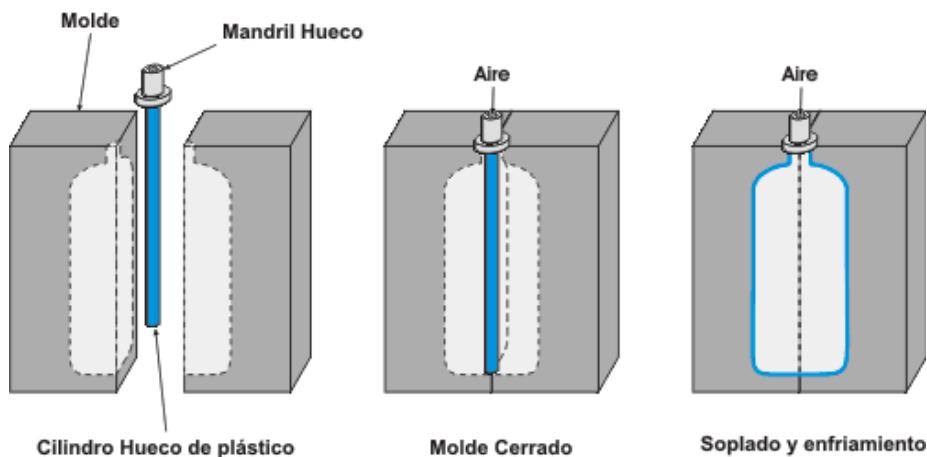


Este proceso se compone de varias fases, la primera es la obtención del material a soplar, después viene la fase de soplado que se realiza en el molde que tiene la geometría final, puede haber una fase intermedia entre las dos anteriores para calentar el material si fuera necesario, seguidamente se enfría la pieza y por último se expulsa. Para facilitar el enfriamiento de la pieza los moldes están provistos de un sistema de refrigeración así se incrementa el nivel productivo.

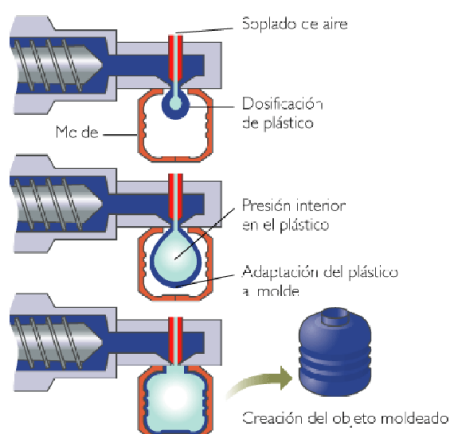
Esta técnica se usó para crear un bote para las propinas en EE.UU en 1802. El proceso de moldeo por soplado nace de la combinación de técnicas de ingeniería de polímeros como el moldeo por inyección con el de técnicas de procesamiento de vidrio, particularmente el de la producción de botellas. La producción de botellas de vidrio requiere técnicas actualmente muy diferentes del moldeo por soplado, aunque en sus orígenes es similar.

#### 3.2.2.1.- Moldeo por inyección-soplado

El moldeo por inyección-soplado consiste en la obtención de una preforma del polímero a procesar, similar a un tubo de ensayo, la cual posteriormente se calienta y se introduce en el molde que alberga la geometría deseada, en ocasiones se hace un estiramiento de la preforma inyectada, después se inyecta aire, con lo que se consigue la expansión del material y la forma final de la pieza y por último se procede a su extracción. En muchas ocasiones es necesario modificar el espesor de la preforma, ya sea para conseguir una pieza con diferentes espesores o para lograr un espesor uniforme en toda la pieza, pues en la fase de soplado no se deforman por igual todas las zonas del material. La ventaja de usar preformas consiste en que estas se pueden inyectar y almacenar, producir diferentes colores y tamaños, los cuales pueden hacerse en lugares distintos a donde se realizará el soplado. Las preformas son estables y pueden ser sopladas a velocidad alta según la demanda requerida.



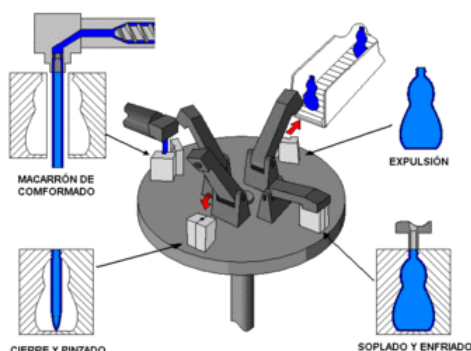
### 3.2.2.2.- Moldeo por extrusión-soplado



El moldeo por extrusión soplado es un proceso de soplado en el que la preforma es una manga tubular, conformada por extrusión, llamada párison, el cual se cierra por la parte inferior de forma hermética debido al pinzamiento que ejercen las partes del molde al cerrarse, posteriormente se sopla, se deja enfriar y se expulsa la pieza. Con este proceso se pueden obtener contenedores de hasta 10.000 litros de capacidad sin embargo no se consiguen tolerancias demasiado estrechas. Se puede controlar el espesor del tubo extruido si se requiere con un equipo auxiliar de boquilla variable. También se puede realizar la extrusión de forma discontinua para

determinadas formas de trabajo, para ello se utiliza un equipo auxiliar denominado acumulador que dosifica la carga de polímero en una cámara.

### 3.2.2.3.- Moldeo por coextrusión-soplado



Mediante esta técnica de soplado se consigue productos multicapa. Esto puede interesar por diversas cuestiones como son; incluir diferentes características de permeabilidad, disminuir el costo de los materiales, al poder utilizarse materiales reciclados o de menor calidad, combinar características ópticas de los polímeros o crear efectos de colores iridiscentes. El párison extruido incluye todas las capas necesarias que en forma de tubo ingresan al molde, en la misma forma que el párison de monocapa. Además el control de espesor del párison se puede llevar a cabo al igual que en el proceso de extrusión-soplado.

*Representación del proceso giratorio de macarrón ribeteado.*

### 3.2.2.4.- Diferentes líneas de trabajo

Los procesos de soplado suelen realizarse de forma continua utilizándose el sistema de carrusel vertical u horizontal, tanto en extrusión como en inyección-soplado. Pero gracias a la sencillez del proceso de extrusión-soplado, se han diversificado en gran medida las formas de trabajo y se pueden clasificar en; procesos de macarrón ribeteado, en los que la extrusión no es continua, procesos de macarrón continuo y el proceso de aire atrapado, el cual tiene como peculiaridad la fabricación de piezas huecas y cerradas al estrangularse la boquilla de la pieza tras el soplado.

### 3.2.2.5.- Materiales a los que se aplica

Los materiales empleados para el proceso de soplado pertenecen a la familia de los termoplásticos. Esto se debe a que se necesita que el material tenga un comportamiento viscoso y se pueda deformar cuando tenga una temperatura determinada, pues de otra forma la presión ejercida por el aire inyectado no podría expandir el material por la cavidad del molde. Los principales termoplásticos utilizados dependen de la técnica empleada, para extrusión-soplado son; PEBD, PEAD, PVC-U, PS, PP, PA y ABS. Los utilizados en la técnica de inyección soplado son; todos lo empleados en extrusión-soplado y además el PE cristal y PET.

### 3.2.2.6.- Geometrías obtenibles en las piezas

Las piezas obtenidas por este proceso son piezas huecas que no tienen un espesor constante debido a que la deformación del material no es igual en todas las zonas de la pieza. Además suelen ser piezas abiertas puesto que es necesaria una entrada para el aire (excepto en la técnica de “aire atrapado”). Por lo general las tolerancias obtenidas no suelen ser muy estrechas aunque son algo mejores si se utiliza la técnica de inyección-soplado aunque esto no suele ser un problema en la gran mayoría de las piezas. Además pueden fabricarse piezas de gran complejidad, debido a la ausencia de machos, que serían muy costosas de obtener por otro método.

### 3.2.3.- Moldeo rotacional

En ingeniería, el **moldeo rotacional** o rotomoldeo es una técnica de procesamiento de polímeros que permite obtener piezas huecas de tamaño mediano a muy grande con relativamente poco material y buena estabilidad.

#### 3.2.3.1.- Antecedentes históricos

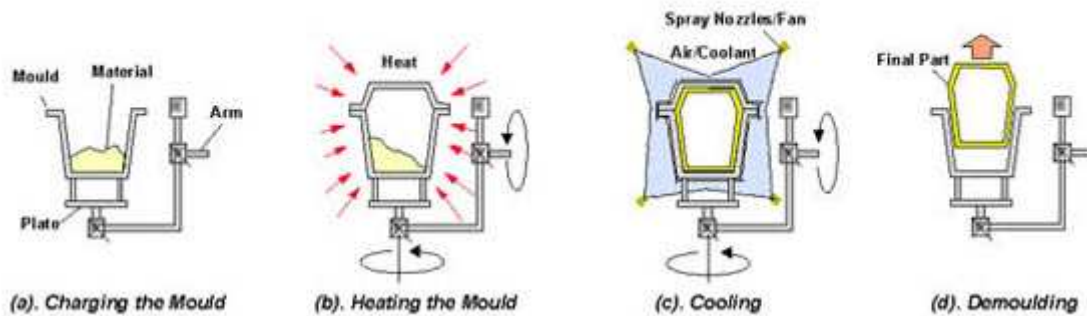
Por medio de esta técnica de ingeniería es posible elaborar artículos huecos basado en una adaptación de un antiguo método para vaciar metales, aunque la técnica actualmente varía de ese método en forma sustancial. Por medio de esta técnica se inyectaba metal fundido y de este metal una parte se solidificaba en el molde que giraba, el resto permanecía fundido y al separarse el fundido una capa de metal solidificado se separaba del molde. Esta técnica se usaba para fabricar los famosos soldaditos de plomo.

Este procedimiento se aplicó principalmente para polímeros como los plastisoles, los cuales tomaban forma en el molde al rotar, por acciones de la fuerza centrífuga. El plastisol solidificaba sobre las paredes del molde cuya temperatura era mayor.

### 3.2.3.2.- Principios del moldeo rotacional

El moldeo rotacional consiste en un molde que es hecho girar en dos planos simultáneamente, este molde contiene en su interior el plastisol o el termoplástico fundido.

#### The Four Principal Stages of Rotational Moulding



### 3.2.3.3.- Con polvo

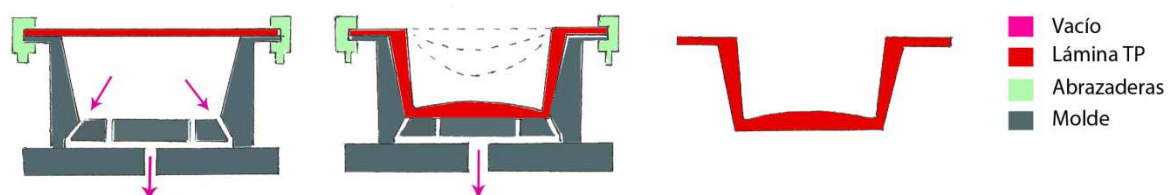
En esta técnica, que básicamente es idéntica a la utilizada con plastisoles, pero aquí el termoplástico es alimentado en forma de polvo, el cual debe tener características de fluidez adecuadas, como bajo punto de fusión, viscosidad baja e índice de fluidez altos. El horno se hace girar en dos planos al mismo tiempo que se calienta todo el sistema en un horno.

Los termoplásticos más utilizados son los de PE, pero también se utilizan en muy baja medida PP, ABS, PA y PC, cuyos grados son especiales para tolerar lo agresivo de este proceso que tiende a degradar los polímeros.

### 3.2.4.- Moldeo en vacío

El Moldeo en vacío es una técnica de moldeo en arena en la que no se emplea ningún aglutinante, ya que la pieza queda suficientemente consistente gracias al vacío creado durante su realización en la caja de moldear. Se trata de una técnica relativamente moderna, ya que surgió en Japón a finales de la década de 1970.

Los diferentes tipos de moldeo en arena son los métodos más empleados en lo que a técnicas de moldeo se refiere, y se caracterizan por el empleo de arena común como material de molde. El procedimiento en estos métodos consiste en la formación de un molde (compuesto por dos piezas) apisonando la arena en torno a un patrón cuya forma será la de la pieza proyectada. A estos moldes, además, se les incorporará un sistema de orificios de colada y de aireación, para así permitir el flujo de metal fundido y minimizar posibles defectos internos en la pieza.



### 3.2.4.1.- Características del proceso

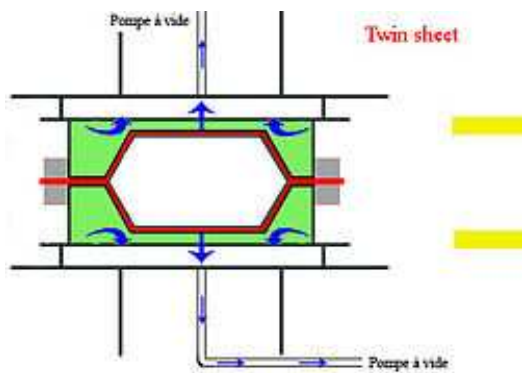
Ventajas:

- Es posible la reutilización de la arena, ya que no se emplea ningún aglutinante y además ésta no entra en contacto en ningún momento con la fundición.
- Ausencia de defectos debidos a la humedad y a burbujas de aire.
- Pueden obtenerse altas precisiones dimensionales.
- Casi todos los tamaños y formas de piezas son practicables, así como piezas de pequeñas secciones (hasta aproximadamente unos 2,3 mm) o reproducción de pequeños detalles.
- Alta fluidez del metal durante la colada debido a la baja conductividad térmica de la arena.
- Bajo coste de operación.
- La vida de la pieza patrón es muy larga, ya que la arena nunca entra en contacto directamente con ella.

Inconvenientes:

- Lentitud del proceso.
- Difícil automatización.

### 3.2.4.2.- Proceso de conformado



Acoplamiento de placa en la parte inferior de la caja, creando el vacío entre la pieza y la película de plástico.

En esta técnica de moldeo, uno de los pasos más importantes es la preparación del molde en el que se va a realizar la colada, pues es de vital importancia que éste cumpla con las condiciones necesarias para obtener la pieza con las características deseadas, tanto a nivel dimensional como en calidad.

- En primer lugar, debe tenerse la pieza inicial que se quiere reproducir seccionada en dos mitades. En la mitad superior, se le adherirá una pieza de material con el fin de posteriormente obtener el bebedero.
- Posteriormente, se creará el vacío entre una de las mitades de la pieza y una fina película de plástico mediante el empleo de un sistema de acoplamiento de placa o doble placa.



- Tras esto, se le colocará una caja de moldeo y se llenará de arena, dejando libre de ésta el volumen necesario para que el bebedero sea practicable. Hay que tener en cuenta que la caja de moldeo debe contar con orificios mediante los cuales se pueda succionar y crear el vacío.
- Se colocará encima otra película de plástico, y se procederá a crear el vacío en la arena mediante los equipos necesarios (la presión oscilará entre 200 a 400 mm Hg (27 a 53kPa). Mediante esta práctica, se consigue la alta compactación del molde sin necesidad de ningún aglutinante.
- Una vez compactado, se retirará el vacío ejercido sobre la pieza y la película de plástico, y se retirará el molde obtenido. Tras ello, se pasará a realizar el mismo proceso con la mitad inferior de la pieza, pero en este caso sin necesidad de dejar bebedero alguno en el molde.
- Cuando están ya listas las dos partes, se ensamblan y se deja de aplicar el vacío en ambas partes.
- Se realiza la colada, sin necesidad de retirar las películas de plástico, ya que estas se queman cuando entran en contacto con el metal fundido.
- Finalmente, se dejará reposar la colada el tiempo suficiente hasta que esté completamente solidificada la pieza.

#### 3.2.4.3.- Equipo necesario

- Caja de moldeo con un sistema de orificios para posibilitar la creación de vacío en su interior. Además, deberá contar con un sistema de acoplamiento de placa en su parte inferior.
- Arena común como aglutinante.
- Películas de termoplástico de un espesor entre 0,076 a 0,20 mm.
- Bomba de vacío acoplada a la placa de la parte inferior y a los orificios de los laterales de la caja de moldeo.
- Metal fundido.

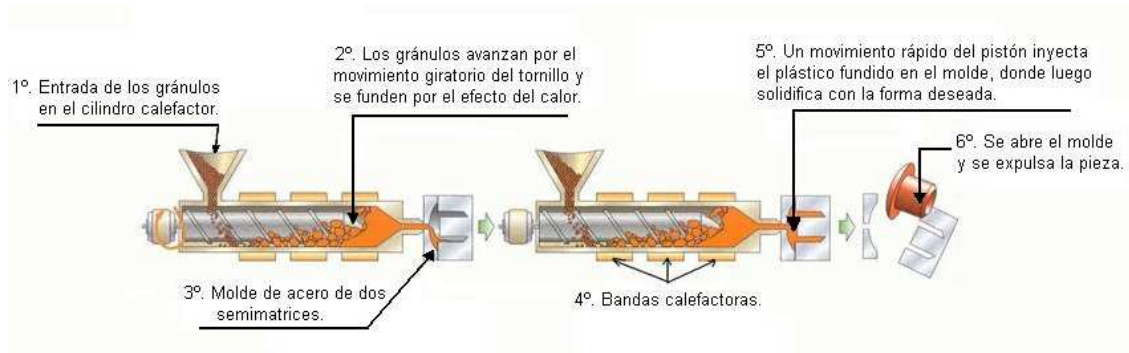
#### 3.2.4.4.- Aplicaciones

Este tipo de moldeo se emplea mucho en la fabricación de prototipos o piezas de las que no se requiere fabricar un gran número, ya que permite modificar el molde con facilidad. Además, al tratarse de un proceso muy lento no sería rentable implantarlo en sistemas de conformado en los que se requiere un gran volumen de producción de la misma pieza.

También se conoce como moldeo en vacío o vacuum forming al conformado de piezas con polímeros, con una técnica de creación de vacío entre la pieza patrón y el termoplástico, sin el empleo de ningún tipo de molde. Esta técnica está muy empleada para la fabricación de envoltorios para alimentos, utensilios de cocina, juguetes, etc.

### 3.2.5.- Moldeo por inyección

En ingeniería, el **moldeo por inyección** es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero, cerámico o un metal en estado fundido en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada.



El moldeo por inyección es una técnica muy popular para la fabricación de artículos muy diferentes. Sólo en los Estados Unidos, la industria del plástico ha crecido a una tasa de 12% anual durante los últimos 25 años, y el principal proceso de transformación de plástico es el moldeo por inyección, seguido del de extrusión. Un ejemplo de productos fabricados por esta técnica es la gran cantidad de componentes de automóviles, componentes para aviones o casi cualquier sector industrial.

Los polímeros han logrado sustituir otros materiales como son madera, metales, fibras naturales, cerámicas y hasta piedras preciosas; el moldeo por inyección es un proceso ambientalmente más favorable comparado con la fabricación de papel, la tala de árboles o cromados. Ya que no contamina el ambiente de forma directa, no emite gases ni desechos acuosos, con bajos niveles de ruido. Sin embargo, no todos los plásticos pueden ser reciclados y algunos susceptibles de ser reciclados son depositados en el ambiente, causando daños al medio ambiente.

La popularidad de este método se explica con la versatilidad de piezas que pueden fabricarse, la rapidez de fabricación, el diseño escalable desde procesos de prototipos rápidos, altos niveles de producción y bajos costos, alta o baja automatización según el costo de la pieza, geometrías muy complicadas que serían imposibles por otras técnicas, las piezas moldeadas requieren muy poco o nulo acabado pues son terminadas con la rugosidad de superficie deseada, color y transparencia u opacidad, buena tolerancia dimensional de piezas moldeadas con o sin insertos y con diferentes colores.

#### 3.2.5.1.- Antecedentes históricos

El diseño actual de la máquina de moldeo por inyección ha sido influido por la demanda de productos con diferentes características geométricas, con diferentes polímeros involucrados y colores. Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas, y un ciclo de moldeo corto y preciso.



John Hyatt registró en 1872 la primera patente de una máquina de inyección, la cual consistía en un pistón que contenía en la cámara derivados celulósicos fundidos. Sin embargo, se atribuye a la compañía alemana Cellon-Werke el haber sido pionera de la máquina de inyección moderna. Esta firma presentó, en 1928, una patente incluyendo la descripción de nitrocelulosa (celuloide). Debido al carácter inflamable de la nitrocelulosa, se utilizaron posteriormente otros derivados celulósicos como el etanoato de celulosa. Los británicos John Beard y Peter Delafield, debido a ciertas diferencias en la traducción de la patente alemana, desarrollaron paralelamente la misma técnica en Inglaterra, con los derechos de patente inglesa para la compañía F.A. Hughes Ltd.

El primer artículo de producción masiva en Inglaterra fue la pluma fuente, producida durante los años treinta por la compañía Mentmore Manufacturing. La misma utilizaba máquinas de moldeo por inyección de Eckert & Ziegler (Alemania). Estas máquinas funcionaban originalmente con aire comprimido (aproximadamente  $31 \text{ kg/cm}^2$ ); el sistema de apertura de molde y la extracción de la pieza eran realizados manualmente, y los controles incluían válvulas manuales, sin control automático ni pantallas digitales; además, carecían de sistemas de seguridad.

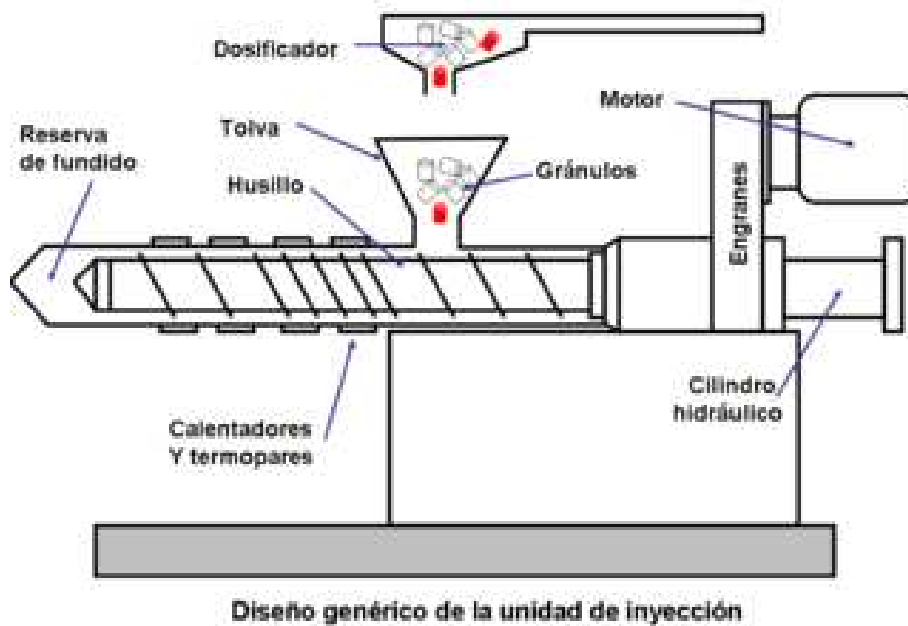
### 3.2.5.2.- El Principio del Moldeo

El moldeo por inyección es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más famosas, ya que representa un modo relativamente simple de fabricar componentes con formas geométricas de alta complejidad. Para ello se necesita una máquina de inyección que incluya un molde. En este último, se fabrica una cavidad cuya forma es idéntica a la de la pieza que se desea obtener y para su tamaño se aplica un factor de contracción el cual se agrega en las medidas de la cavidad para que al enfriarse la pieza moldeada se logren las dimensiones deseadas. La cavidad se llena con plástico fundido, el cual se solidifica, manteniendo la forma moldeada.

Los polímeros conservan su forma tridimensional cuando son enfriados por debajo de su  $T_g$  (Temperatura de transición vítrea) y, por tanto, también de su temperatura de fusión para polímeros semicristalinos. Los polímeros amorfos, cuya temperatura útil es inferior a su  $T_g$ , se encuentran en un estado termodinámico de pseudoequilibrio. En ese estado, no existen movimientos de rotación y de relajación (desenredo de las cadenas) del polímero.

Es por esta causa que, en ausencia de esfuerzos, se mantiene la forma tridimensional. Los polímeros semicristalinos poseen, además, la característica de formar cristales. Estos cristales proporcionan estabilidad dimensional a la molécula, la cual también es —en la región cristalina— termodinámicamente estable. La entropía de las moléculas del plástico disminuye drásticamente debido al orden de las moléculas en los cristales.

### 3.2.5.3.- Esquema de la Maquinaria



### 3.2.5.4.- Unidad de inyección

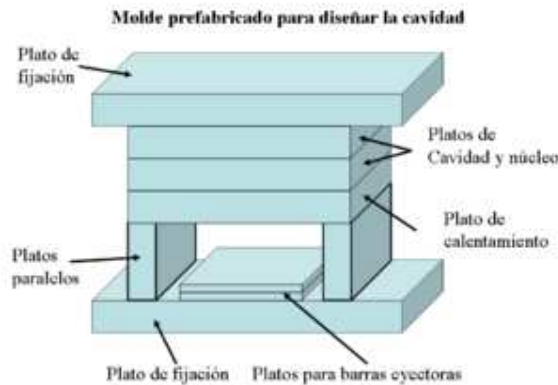
La función principal de la unidad de inyección es la de fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para lograr esto se utilizan husillos de diferentes características según el polímero que se desea fundir. El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección debe considerar tres condiciones termodinámicas:

- Las temperaturas de procesamiento del polímero.
- La capacidad calorífica del polímero  $C_p$  [cal/g °C].
- El calor latente de fusión, si el polímero es semicristalino.

### 3.2.5.5.- Unidad de cierre

Es una prensa hidráulica o mecánica, con una fuerza de cierre suficiente para contrarrestar la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. Las fuerzas localizadas pueden generar presiones del orden de cientos de MPa, que sólo se encuentran en el planeta de forma natural únicamente en los puntos más profundos del océano.

### 3.2.5.6.- Partes del molde



*Esquema de un molde comercial prefabricado*

El molde, para la inyección de plástico, es un utillaje diseñado y construido para moldear piezas de plástico. La función básica del molde es la de dar forma al plástico inyectado, es decir conformar la pieza deseada, geometría o formas, dimensiones, tolerancias y acabados requeridos por el diseño.

Para esto el molde debe estar diseñado y adaptado a la máquina de inyección, al plástico, a la geometría de la pieza, a los volúmenes de fabricación y por consiguiente a los ciclos de producción.

Todo molde es único, está diseñado y fabricado para obtener una pieza determinada, aunque para moldear una misma pieza se pueden diseñar diferentes tipos de moldes.

El molde de inyección se divide en dos partes bien diferenciadas. La fija o de inyección y la móvil o de expulsión, cuando se unen dejan un vacío en el que se inyecta el plástico y moldea la pieza. Las partes del molde son:

- **Cavidad:** es el volumen en el cual la pieza será moldeada.
- **Canales o ductos:** son conductos a través de los cuales el polímero fundido fluye debido a la presión de inyección. El canal de alimentación se llena a través de la boquilla, los siguientes canales son los denominados bebederos y finalmente se encuentra la compuerta.
- **Canales de enfriamiento:** Son canales por los cuales circula refrigerante (el más común agua) para regular la temperatura del molde. Su diseño es complejo y específico para cada pieza y molde, esto en vista de que la refrigeración debe ser lo más homogénea posible en toda la cavidad y en la parte fija como en la parte móvil, esto con el fin de evitar los efectos de contracción diferencial. Cabe destacar que al momento de realizar el diseño de un molde, el sistema de refrigeración es lo último que se debe diseñar.
- **Barras expulsoras:** al abrir el molde, estas barras expulsan la pieza moldeada fuera de la cavidad, pudiendo a veces contar con la ayuda de un robot para realizar esta operación.

### 3.2.5.7.- Ciclo de moldeo

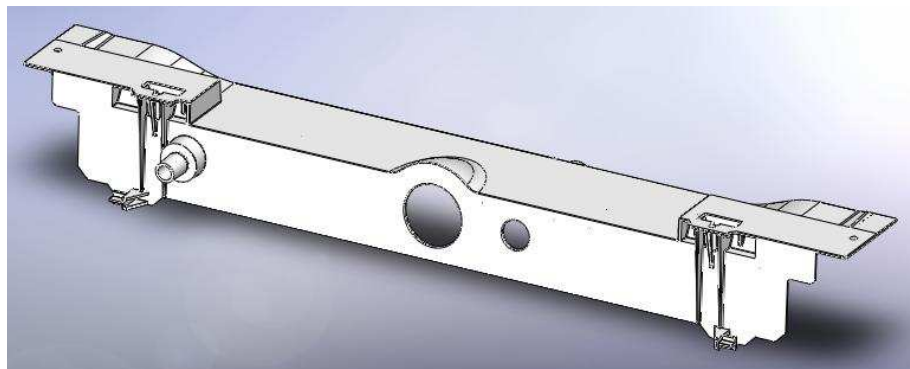
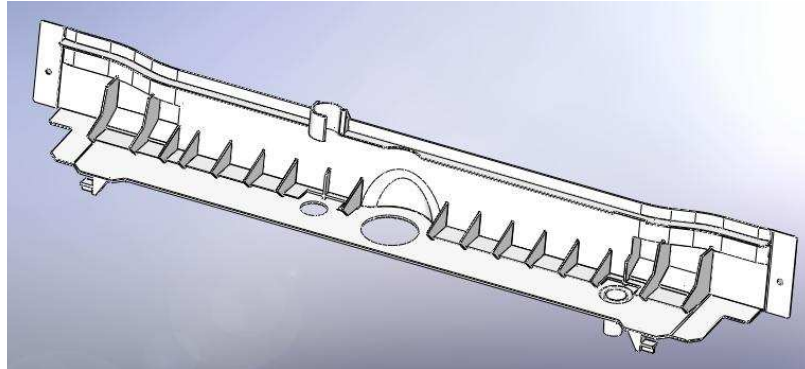
En el ciclo de moldeo se distinguen 6 pasos principales (aunque algunos autores llegan a distinguir hasta 9 pasos):

- **1.** Molde cerrado y vacío. La unidad de inyección carga material y se llena de polímero fundido.
- **2.** Se inyecta el polímero abriéndose la válvula y, con el husillo que actúa como un pistón, se hace pasar el material a través de la boquilla hacia las cavidades del molde.
- **3.** La presión se mantiene constante para lograr que la pieza tenga las dimensiones adecuadas, pues al enfriarse tiende a contraerse.
- **4.** La presión se elimina. La válvula se cierra y el husillo gira para cargar material; al girar también retrocede.
- **5.** La pieza en el molde termina de enfriarse (este tiempo es el más caro pues es largo e interrumpe el proceso continuo), la prensa libera la presión y el molde se abre; las barras expulsan la parte moldeada fuera de la cavidad.
- **6.** La unidad de cierre vuelve a cerrar el molde y el ciclo puede reiniciarse.

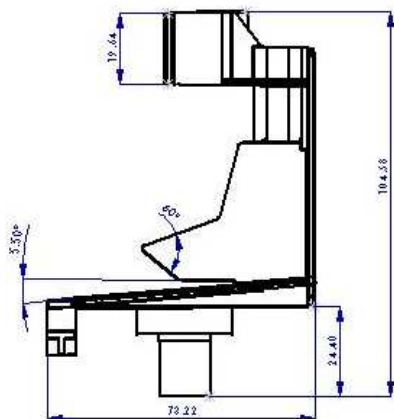
## 4.-DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA

### 4.1.-Geometría de la Pieza

Para diseñar el molde, es imprescindible conocer la geometría de la pieza que queremos fabricar. Esta pieza, es una pieza interna de una nevera, con lo que su geometría y demás características han sido definidas por el fabricante de estas.

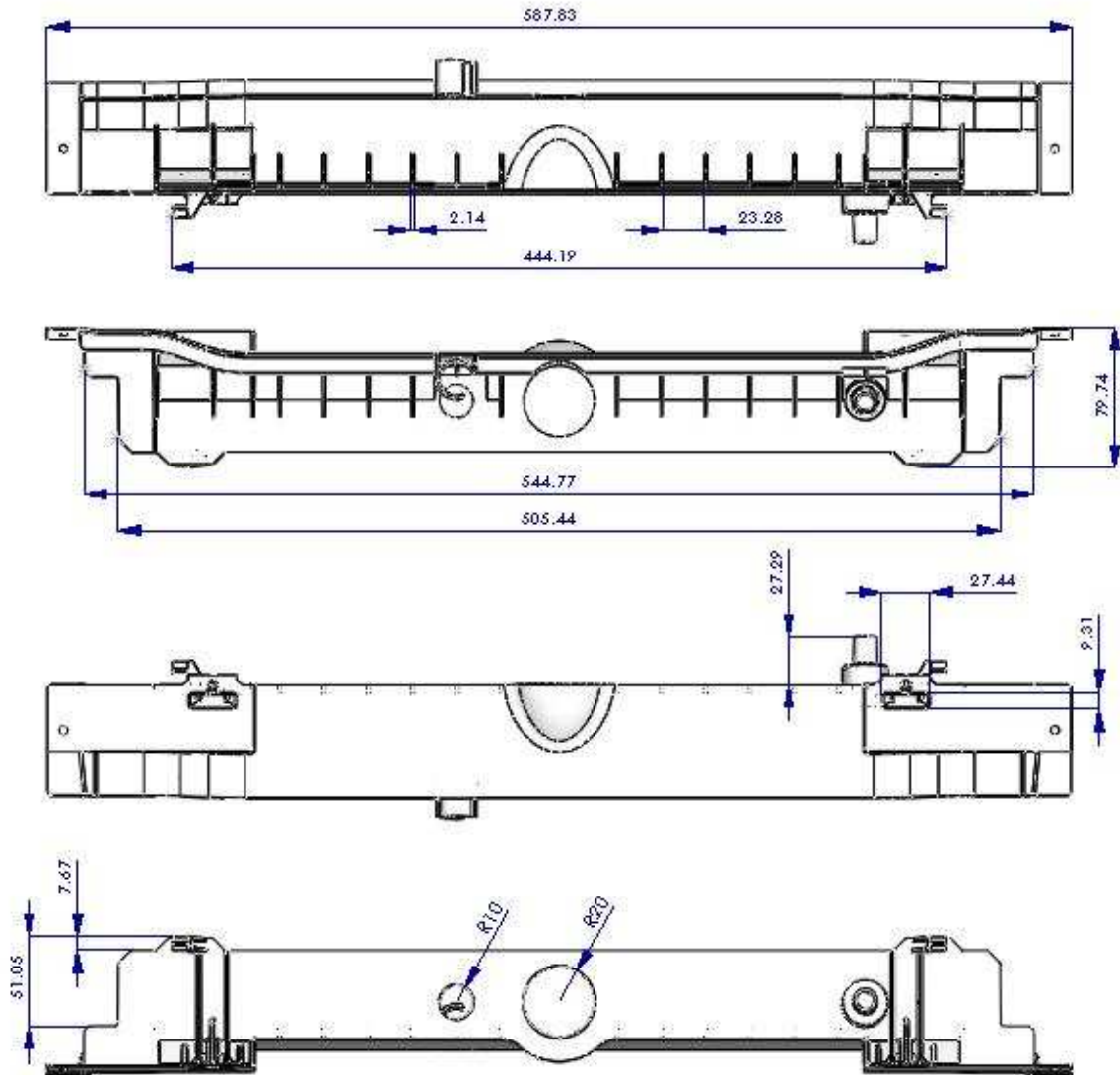


Como se puede ver, esta pieza podría entrar en un prisma de 588x105x80 mm. Su geometría es compleja, ya que tiene bastantes salientes, agujeros, tubos y cavidades.



Su forma es de una escuadra con nervios interiores, y estos con salientes. También tiene agujeros y tubos, uno cerrado y otro abierto lateralmente. Además tiene varias cavidades complejas. Por esto mismo necesita de un estudio de simulación con el programa MoldFlow, que más adelante se estudiará más detenidamente.

En esta vista lateral vemos sus medidas más representativas, que al igual que en la siguiente hoja, vemos las medidas más importantes de la pieza para hacernos una mejor idea de cómo debe ser la pieza inyectada.



## 4.2.- Material de la Pieza

Normalmente para la elección del material, con el que fabricar la pieza, se suele escoger después de analizar varios tipos de materiales según las características y requisitos que se necesita. En el mercado existen muchos tipos de plásticos con características diferentes y que se pueden clasificar según sus prestaciones, estructura interna...etc.

En el caso de esta pieza, se va a utilizar el Polipropileno (PP), dado que así lo requiere el fabricante de neveras, empresa que necesita esta pieza para su fabricación.

### 4.2.1.- Propiedades PP

- **Densidad:** de 0,895 a 0,92 g/cm<sup>3</sup>
- **Estructura:** termoplásticos semicristalinos, en su mayor parte no polares, con un grado de cristalinidad entre el 60 y el 70% debido al predominio del ordenamiento de los grupos metilo. Los polímeros con etileno tienen mayor resistencia al impacto (incluso a bajas temperaturas) y mayor estabilidad en intemperie.
- **Color:** su tonalidad natural va desde ligeramente transparente hasta opaca. Se puede teñir en muchos colores opacos con alto brillo superficial.
- **Propiedades mecánicas:** rigidez, dureza y resistencia más altas que en PE, pero menor resistencia al impacto con probeta entallada. Se puede fijar con clavos. Es conveniente reforzar con fibras de vidrio las piezas sometidas a grandes esfuerzos.
- **Propiedades eléctricas:** parecidas a las de PE. Características dieléctricas independientes de la frecuencia; por lo tanto, no es posible ningún calentamiento por HF. Sus acusadas propiedades aislantes hacen que tienda a cargarse electrostáticamente y a acumular polvo, por lo cual se recomienda agregarle aditivos antiestáticos.
- **Propiedades térmicas:** a temperaturas elevadas, el PP puro tiende a oxidarse; por consiguiente, todos los tipos de PP tienen que estabilizarse. Su temperatura de uso máxima en el aire es de 110°C; si la estabilización es más fuerte y los tipos están reforzados, la temperatura de uso puede ser algo mayor. La temperatura de fragilización es de 0°C; la de los tipos modificados es algo inferior.  
Intervalo de fusión de cristalitas de 158 a 168°C.  
Resistencia a la llama como el PE.
- **Resistencia química:** soluciones acuosas de ácidos orgánicos débiles y lejías, alcohol, algunos aceites. Soluciones de las coladas habituales hasta 100°C.
- **No resistente:** oxidantes fuertes. Hinchamiento en hidrocarburos alifáticos y aromáticos como bencina, benceno, sobre todo a temperaturas altas. Hidrocarburos halogenados. Algunos tipos no resistentes el contacto con el cobre.
- **Comportamiento fisiológico:** inodoro, insípido. Idóneo para muchos usos del sector alimentario y farmacéutico. Fisiológicamente inocuo.
- **Tendencia a tensofisuración:** sólo escasa.



#### 4.2.2.- Transformación.

- **Inyección:** el PP se inyecta bien. La potencia de plastificación de una máquina de inyectar PP, por su menor densidad, basta con que sea un 70% de la de inyectar PS. Conviene boquilla con obturador automático, Temperaturas de masa entre 200 y 300°C, normalmente de 270 a 300 °C. Presión de inyección hasta 1200 bar. Temperatura de molde de 20 a 100°C; una temperatura más alta da un brillo superficial más acusado. Se recomienda trabajar con tiempo largo de presión posterior. Contracción del 1,0 al 2,5 %.
- **Extrusión:** a ser posible una extrusora con usillo de zona de compresión corta. Temperaturas de masa de 230 a 270 °C. La velocidad de cristalización se incrementa sustancialmente con la adición de productos de nucleación.
- **Extrusión-soplado:** proporciona cuerpos huecos de gran resistencia a la deformación por calor. Por soplado y estirado se consigue una mayor resistencia mecánica debido a la orientación biaxial.
- **Termoconformado:** moldeo por vacío, doblado y plegado a temperaturas cercanas al intervalo de fusión de cristalitas. Deformaciones posteriores con aire comprimido a 150-160°C; con vacío a 200°C. Temperaturas de molde entre frío y 90°C; temperatura baja de molde da mejor transparencia; temperatura alta de molde da mejor resistencia a la deformación por calor.
- **Pegado:** por su alta resistencia química y su estructura no polar no se consigue una buena adherencia. Normalmente se recurre a adhesivos tipo cloropreno.
- **Soldadura:** buena unión y robustez del cordón con soldadura de gas caliente, de fricción o de elemento caliente. Soldadura con ultrasonidos como máximo en campo cercano. No es posible la soldadura con HF.
- **Arranque de viruta:** posible con herramientas especiales para plásticos; por lo general no se requiere enfriar.
- **Tratamiento superficial:** mejora de la adherencia con tratamiento previo (llameado o descargas eléctricas sobre la superficie).  
Grabado y pintado también son posibles; el grabado en caliente de inscripciones pequeñas es posible sin tratamiento previo.  
Metalización en alto vacío después de tratamiento previo e imprimación. La metalización galvánica debe realizarse con capa de níquel en lugar de capa de cobre, debido a sensibilidad del PP con respecto al cobre.



### 4.2.3.- Contracción

Contracción del material es la pérdida de medida de la pieza que sufre tras la inyección. Todo material conocido (con excepción del agua) se expande cuando es calentado y se encoge cuando se enfría. En el campo de los plásticos definimos la fase de encogimiento como contracción. Cada material plástico posee un factor de contracción propio. Este factor se usa para estimar cuanto se contrae una pieza después de ser sacada del molde. Después de determinarlo, el molde puede ser construido conforme a unas dimensiones que crean un molde lo suficientemente grande como para que contraiga hasta el tamaño final deseado después de la contracción.

Los plásticos que se contraen por igual en todas las direcciones (materiales amorfos) se dice que tienen una contracción isotrópica. Algunos plásticos (materiales cristalinos) se contraerán más en la dirección del flujo que en la dirección perpendicular (a no ser que sean reforzados, en cuyo caso la contracción es mayor en la dirección perpendicular al flujo). Este tipo de contracción, que no es igual en todas las direcciones, se conoce como contracción anisótropa.

Los factores de contracción se asignan por un principio cm. a cm. lo que significa que el factor se aplica a cada centímetro de cada dimensión del producto a moldear. Por ejemplo, si un producto tiene que tener 6 cm de longitud y el factor de contracción es 0.010 cm/cm, la cavidad del molde debe de ser hecha para que mida 6.06 cm de longitud para que produzca una pieza de 6 cm. Los factores de contracción se clasifican en bajo, medio o alto. El bajo es comúnmente desde 0.000 cm/cm hasta 0.005 cm/cm. El mediano va desde 0.006cm/cm hasta 0.010 cm/cm y el alto comprende a todo aquél superior a 0.075 cm/cm. Los materiales amorfos tienden a tener baja contracción, los semicristalinos media y los cristalinos alta. Si se refuerza el plástico con cristal la contracción será menor que si no se le añade refuerzo. Eso se debe a que el cristal no-contráible aumenta en volumen de la masa y disminuye la contracción de la masa total.

Aun así, la contracción del material tras su inyección es muy relativa, dado que influyen valores como el espesor de la pieza, dimensiones, nervaduras, ventanas, y hasta cosas tan sencillas como temperatura y humedad relativa del ambiente.

En la siguiente lista se facilitan datos de contracción de algunos plásticos:

- A.B.S. .... C = 0,6%
- Poliéster PBT ..... C = 1,5 – 2%
- Polietileno PE ..... C = 2%
- Poliestireno PS ..... C = 0,5 – 0,6%
- Polipropileno PP ..... C = 1,7%

Como se ve en esta lista, en nuestro caso usaremos un factor de contracción del 1,7%. Aplicándola tanto a cavidades, como a machos y electrodos en todas sus medidas.

#### 4.2.4.- Presión y viscosidad

La viscosidad es una medida del espesor de un material en su estado líquido (fundido). Cuanto más viscoso, más espeso el material. Un material de alta viscosidad requiere de menos presión de inyección para introducirlo a través del molde que un plástico de menor viscosidad. Además, los materiales de alta viscosidad requieren menores diámetros de canal y menores volúmenes de ataque para permitir un flujo adecuado. También los materiales con mayor viscosidad permiten vientos más profundos para una eliminación más rápida del aire atrapado.

La viscosidad de un plástico determina cuanta presión se necesitará para inyectarlo en un molde. La viscosidad se mide por elaborados y relativamente caros equipos de ensayo. Lo más común es usar un ensayo ASTM D1238, que usa poca cantidad de plástico y simula el proceso de inyección. Este ensayo se suele denominar ensayo de fusión, pero también tiene nombres como índice de flujo e indicador de fusión. Una máquina llamada plastometro se programa para poner una serie de condiciones al plástico que esté siendo analizado. Actualmente existen al menos 33 conjuntos de condiciones y cada plástico colapsa con todas ellas.

El índice de fusión puede ser usado como herramienta para determinar la flujosidad de un plástico determinado. El ensayo comienza echando una cantidad de plástico en bruto en la cámara caliente, colocando un equipo con embolo en el calentador, colocando una carga predeterminada en lo alto del émbolo y midiendo la cantidad de material que se extruye por la boquilla en un periodo de 10 minutos.

El número resultante es el valor del índice de fusión medido en gramos por 10 minutos. Los números de flujo normalmente colapsan en un rango de 2 a 50 con el rango de entre 12 y 14 siendo los más comunes.

Cuanto más bajo sea el índice de fusión, más duro es el flujo del material. Eso significa que se necesitara una presión mayor de inyección para llenar el molde y diámetros de canal más grandes para los canales de superficie y la profundidad de los ataques probablemente se incrementa. La profundidad de los vientos también es afectada por la viscosidad. Cuanto menor se va haciendo en número de flujo, los vientos se van haciendo más profundos para permitir escapar más rápidamente el aire atrapado y reducir la presión requerida para la inyección.

La viscosidad también afecta a las propiedades físicas de la parte moldeada. Básicamente, cuanto más alto es el número de flujo, más débil es la pieza moldeada. Por el contrario, cuanto menor es el número de flujo, más fuerte es la pieza.

## 5.- DISEÑO DEL MOLDE

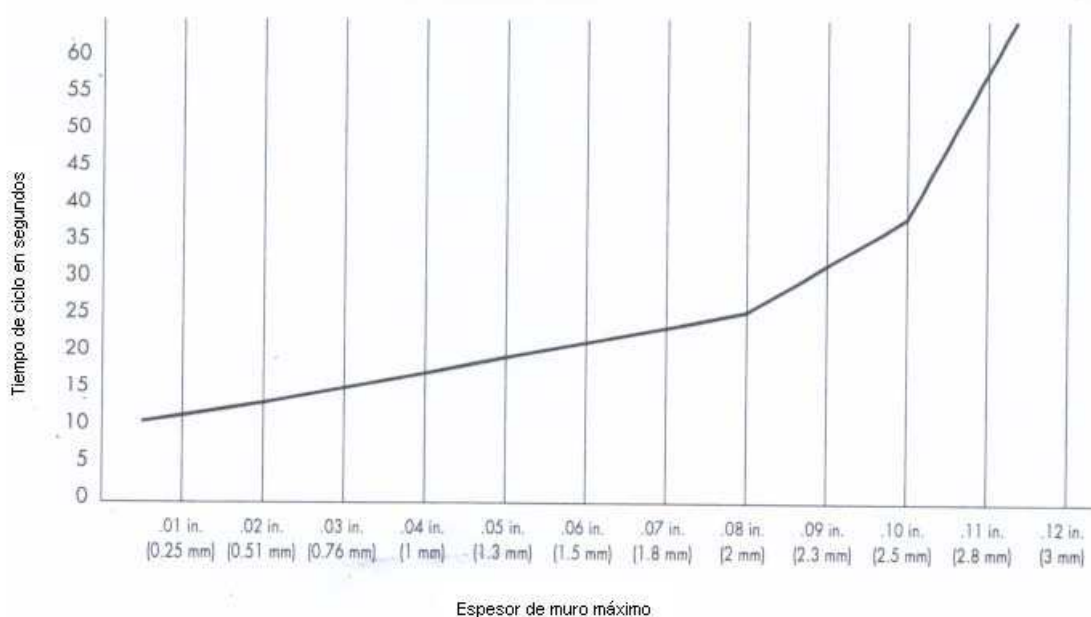
### 5.1.- Diseño del número de cavidades del molde

#### 5.1.1.- Tiempo de producción / Necesidades / Cavidades

Antes de que determinemos el tamaño del molde y el tamaño del equipo necesario para que funcione el molde debemos determinar cuántas cavidades se necesitan. Junto con el tiempo total de ciclo, el número de cavidades determina cuantas piezas se pueden producir en un ciclo completo de moldeo por inyección.

El número de cavidades que se necesitan depende del tiempo establecido para producir los requerimientos anuales de volumen de un producto específico. Pongamos un ejemplo: si se pide una media de 100000 unidades al año, necesitamos determinar cuántas cavidades se requieren para producir la pieza durante el año. Lo primero determinamos el tiempo disponible para producir en el año. La mayoría de máquinas de moldeo producen piezas las 24 horas al día cinco días a la semana. Los fines de semana se suelen emplear para labores de mantenimiento. Tomando en cuenta que un año tiene 52 semanas, una semana 5 días y un día 24 horas, obtenemos un tiempo de 6240 horas al año. Cada mes por lo tanto tiene una media de 520 horas disponibles.

Para calcular cuantas cavidades necesitaremos mecanizar en el molde, tenemos que estimar un tiempo de ciclo. El tiempo de ciclo esta determinado principalmente por la pared más ancha de la pieza. Como referencia el siguiente gráfico, puede servir para realizar esta determinación, y considera que el molde se colocará en una máquina de moldeo y que todas las fases del proceso de inyección son tiempos medios.



Después de estimar el tiempo total de ciclo usando este gráfico, el número de ciclos por hora se calcula dividiendo 3600 segundos de una hora entre el tiempo estimado de ciclo. Consideremos que la pieza en cuestión tiene un espesor de pared de 25,4 mm. De este gráfico deducimos que el tiempo aproximado de ciclo serán 36 segundos. Dividiendo ese número entre 3600 resulta que podemos moldear 100 ciclos a la hora. Ahora podemos deducir cuantas cavidades necesitamos. Si tenemos una única cavidad podemos producir 100 unidades a la hora. Eso significa que nos llevarían 1000 horas o 8.33 semanas moldear nuestra necesidad anual de 100000 unidades. Si fabricamos un molde de dos cavidades podemos moldear el total en la mitad de tiempo.

Por supuesto el molde de dos cavidades sería más caro, cuestión que hay que valorar.

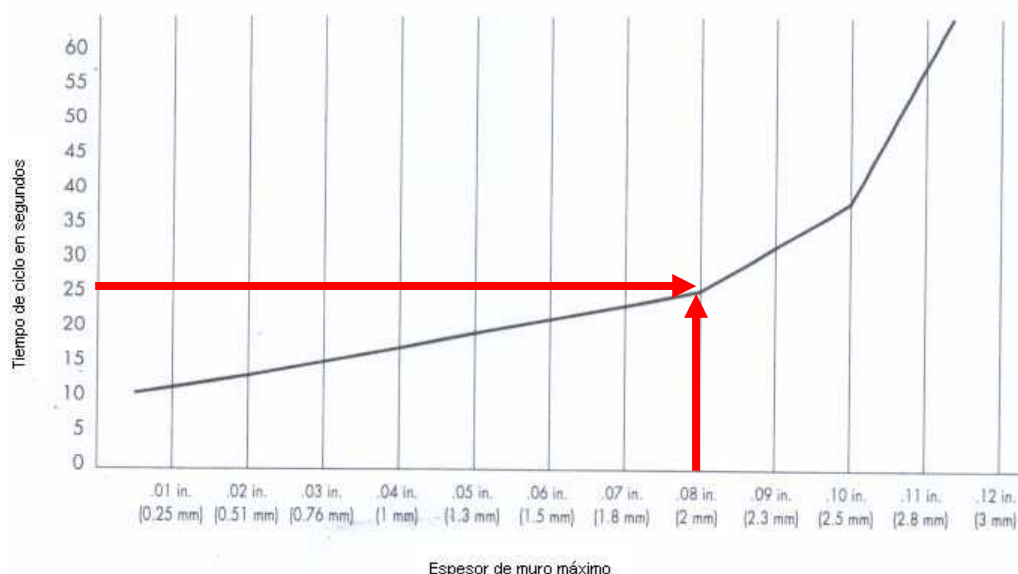
Ahora pongamos otro caso en el que la necesidad es de 10 millones de unidades por año. Si el ciclo sigue en 36 segundos tenemos todavía 100 ciclos por hora. Por lo tanto un molde de una única cavidad podría fabricar 624,000 unidades si funcionase todo el año y eso significaría tener el molde siempre en marcha, incluso excediendo el tiempo los fines de semana. Vemos que no es práctico. Hay que pensar en de dos a cuatro moldes cada uno con de 16 a 32 cavidades.

Entonces podríamos producir la cantidad de un año entero en un periodo de 3 a 6 meses dependiendo de la combinación que decidamos usar. Además estaríamos utilizando de dos a cuatro máquinas de moldeo a la vez, y eso hay que tenerlo en cuenta.

Si no tenemos el suficiente equipo de moldeo a mano (o en el adecuado tamaño) tendríamos que externalizar la producción o comprar equipamiento adicional. Estas son algunas de las cuestiones que se deben analizar antes de decidir cuantas cavidades debería de tener el molde.

### 5.1.2.- Elección del número de cavidades

Según lo descrito en el apartado anterior, disponemos de un sólo dato de los necesarios para determinar el número de cavidades: el espesor de muro máximo. Observando nuestra pieza le podemos asignar el valor de 2,4 mm. Así pues, y según se puede ver en el siguiente grafico obtenemos un tiempo de ciclo para nuestra pieza de unos 34 segundos.



Vemos que no se trata de un método muy preciso, pero nos da una idea de las cifras sobre las que nos movemos. Ahora deberíamos decidir qué cantidad de cavidades disponemos en el molde, pero para ello necesitamos saber el tiempo del que disponemos para producir y la cantidad que deseamos producir. Ya que no nos encontramos en un caso real en el que sea el cliente quién nos lo indique, seremos nosotros mismos quienes haremos unas suposiciones.

Partimos de que queremos fabricar las piezas con un sólo molde y suponemos que queremos producir una cantidad anual de 360.000 piezas. Para ello, vamos a disponer de 2 turnos de producción al día de 8 horas cada uno. Por lo tanto, 16 horas al día. Solamente se producirá de lunes a viernes, dejando el fin de semana para labores de mantenimiento del molde. Descontando periodos festivos en los que la fábrica de inyección estará cerrada, contamos con 245 días de producción al año. Ahora realizamos las cuentas:

$$16 \text{ horas/día} \times 3600 \text{ segundos/hora} = 57.600 \text{ segundos/día}$$

$$57.600 \text{ segundos/día} \times 245 \text{ días/año producción} = 14.112.000 \text{ segundos/año}$$

$$14.112.000 \text{ segundos/año} \div 25 \text{ segundos/pieza} = \mathbf{564.480} \text{ piezas/año con una cavidad}$$

Por lo tanto con una sola cavidad sería suficiente. Incluso, se superaría nuestro objetivo de producción, pero hay que tener en cuenta que también se producen paros por mantenimiento imprevistos en los que el molde no está produciendo, por lo que siempre es aconsejable dejar un margen.

Pero aunque la teoría diga que con una cavidad es suficiente, es mucho más práctico y económico para la empresa inyectora, que el molde tenga el máximo de cavidades posibles, en este caso el molde será de 2 cavidades.

Las máquinas inyectoras tienen un tamaño determinado, con lo que los moldes que van dentro de ellas también deben adaptarse a un determinado tamaño. Así que, con una pieza de esas dimensiones solo caben 2 cavidades en el molde.

Calculamos cuanto tiempo necesita la empresa inyectora para producir las 360.000 piezas anuales.

$$360.000 \times 25 \text{ seg} = 9.000.000 \text{ segundos}$$

$$9.000.000 / 3600 = 2.500 \text{ horas necesita para fabricar la producción anual}$$

Todo esto dividido por 16 horas, que son las horas que trabaja esta máquina al día

$$2.500 / 16 = 156,25 \text{ días necesarios para fabricar la producción anual}$$

$$245 \text{ días año producción} - 156,25 \text{ días} = 88,75 \text{ días laborales que le sobran}$$

De este modo la empresa inyectora, dispondrá de más o menos cuatro meses y medio para usar la máquina inyectora en la fabricación de otra pieza de plástico con otro molde. Optimizando las horas de la máquina, consiguiendo así mayores y mejores niveles de productividad.

Por todo ello, nuestro molde se fabricará de 2 cavidades.



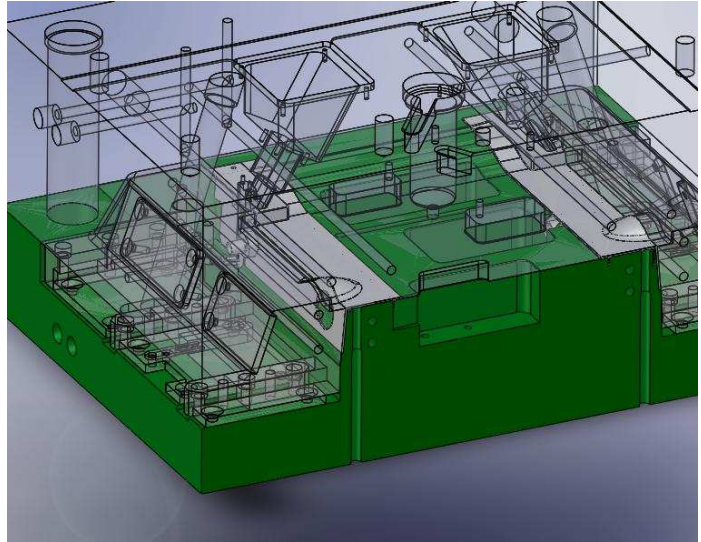
## 5.2.- Diseño de la cavidad de la pieza inyectada

### 5.2.1.- Diseño exterior o de contorno

La cavidad de la pieza inyectada es un negativo de la pieza que queremos producir. Hoy en día las herramientas informáticas de programas de dibujo, como por ejemplo Catia, Inventor, Solidworks, Autocad, etc., pueden ahorrar tiempo y dinero en casi todas las fases del diseño del producto. En este caso el diseño de este molde se ha hecho con el programa Solidworks.

Partiendo de la placa macho y placa cavidad en bruto del molde, y con un programa de dibujo, diseñamos los huecos de inyección de la pieza.

En la foto de sección adjunta, vemos la placa macho, en verde, con la placa cavidad y la corredera 1 en semitransparente. Con estas tres piezas se consigue el contorno de la pieza inyectada.



### 5.2.2.- Diseño de los huecos de difícil acceso, correderas

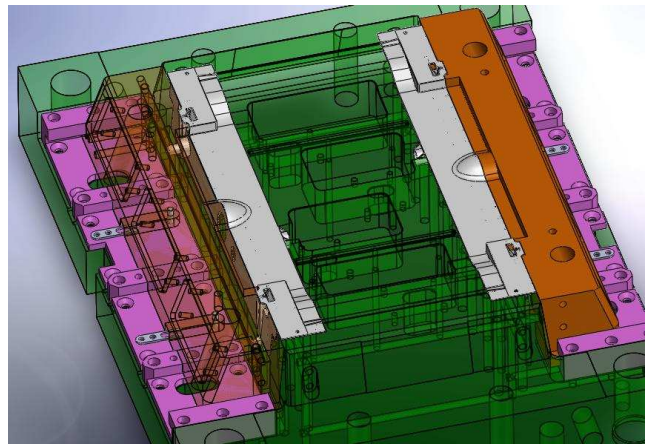
La pieza de inyección de plástico que queremos producir tiene huecos interiores, tubos, cajeras, etc. de difícil acceso. Para resolver este problema se utilizan correderas en el molde.

Estos sistemas suelen ser accionados por medio del movimiento mecánico del molde, guiadas por columnas guía, de esta manera se accionan 6 correderas en este molde, 3 por cada pieza. Si no se puede aprovechar este movimiento mecánico, se recurrirá a movimiento hidráulico accionado por la máquina inyectora.

#### 5.2.2.1.- Corredera 1

Esta es la corredera más grande del molde, representa una cara entera de la pieza. Se acciona de forma mecánica con el movimiento de apertura del molde.

Este dispositivo se abre cada vez que la pieza esté lista para ser expulsada, desplazándose por las guías donde se sustenta. De no ser así, la pieza no podría ser expulsada del molde. También esta corredera es la encargada de realizar diferentes agujeros de la cara que toca

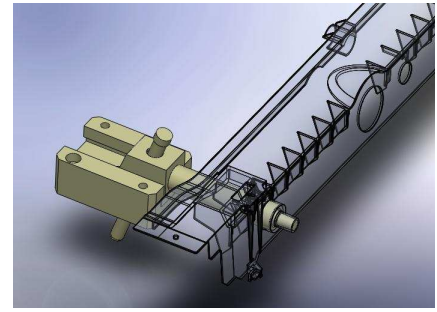




### 5.2.2.2.- Corredera 2

Esta corredera, es la encargada de realizar la parte interior del tubito que tiene la pieza en uno de sus extremos. Se acciona mecánicamente por medio del movimiento de apertura y cierre del molde.

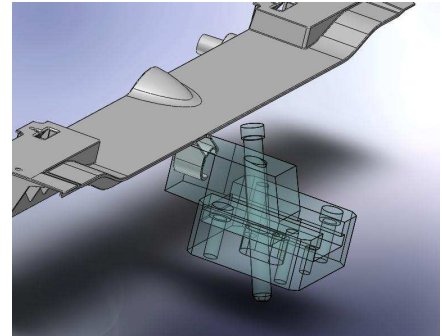
En la foto adjunta se ve la corredera 2 con la pieza inyectada en semitransparente.



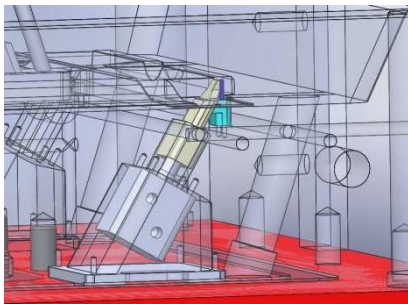
### 5.2.2.3.- Corredera 3

Esta corredera es la encargada de realizar el tubo semiabierto de la parte trasera de la pieza. Se acciona mecánicamente por medio del movimiento de apertura y cierre del molde.

En la foto adjunta se ve la corredera 3, semitransparente, con la pieza inyectada.



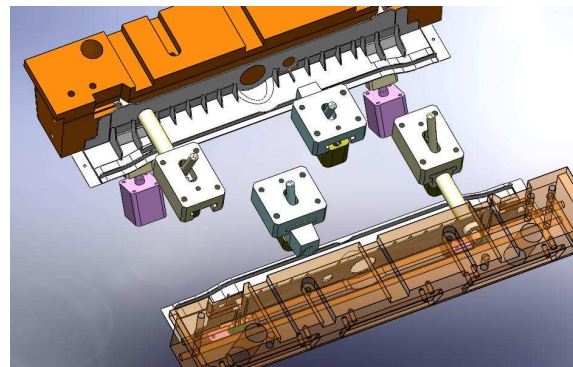
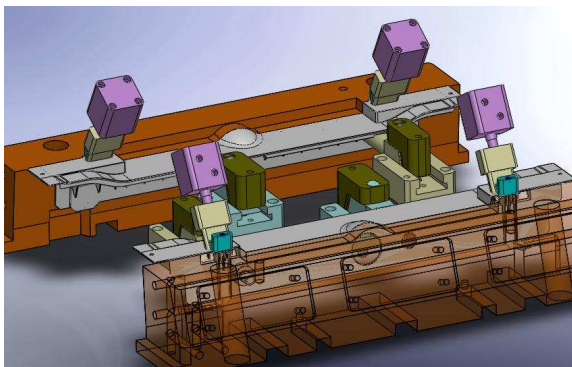
### 5.2.2.4.- Corredera hidráulica



Debido al diseño de la pieza de plástico, que tiene varias cavidades complicadas, nos vemos obligados a poner una corredera accionada por medio de un sistema hidráulico. Ya que este movimiento no podemos acoplarlo al movimiento mecánico del molde. Con lo cual esta corredera es diferente al resto de correderas que son accionadas mecánicamente. Todo este sistema está controlado por medio de la máquina inyectora.

En la foto vemos el sistema hidráulico a través de la vista semitransparente de la placa cavidad.

### 5.2.2.5.- Conjunto correderas sobre la pieza inyectada

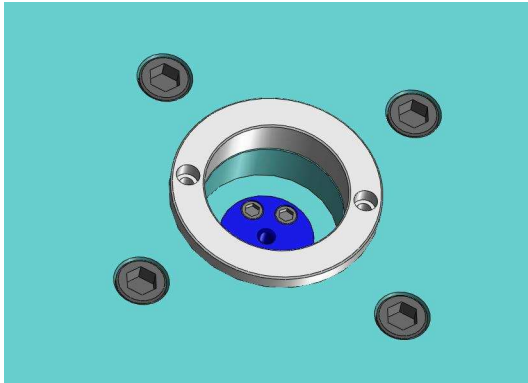


En las fotos vemos todas las correderas sobre las piezas de plástico.

## 5.3.-Sistema de inyección

El proceso de moldeo por inyección empuja el plástico fundido en un molde cerrado. El plástico debe fluir a través del molde y llegar a la cavidad imagen donde se solidifica antes de ser finalmente expulsado. En su camino hacia la cavidad el plástico recorrerá básicamente estas zonas: bebedero, cámara caliente, el sistema de distribución y el punto de inyección.

### 5.3.1.- Ajuste de centrado



En el momento de la inyección es necesario que la boquilla de la máquina de inyección se ajuste al acoplamiento del canal de inyección del molde, y que sus ejes estén perfectamente alineados.

En esta foto vemos la parte del ajuste de centrador del molde.



En la imagen vemos una boquilla de inyección de 70°. Esta boquilla es la que está en la máquina inyectora, y se acopla perfectamente al bebedero del molde, de esta forma se pasa el plástico fundido de la máquina inyectora al molde.

Para ello es preciso construir en el molde un sistema de juste de centrado. Puede realizarse de dos formas:

- Practicar en la placa superior del molde un reborde circular que se ajuste al orificio central del plato fijo de la máquina.
- Utilizar la misma placa anular que sirve para fijar la pieza del bebedero al molde. Esta placa deberá sobresalir algunos milímetros del plano de apoyo de la placa anterior del molde. La parte móvil del

molde no necesita de ningún ajuste de centrado, ya que los tetones guía garantizan su centrado.

### 5.3.2.- Sistema de alimentación

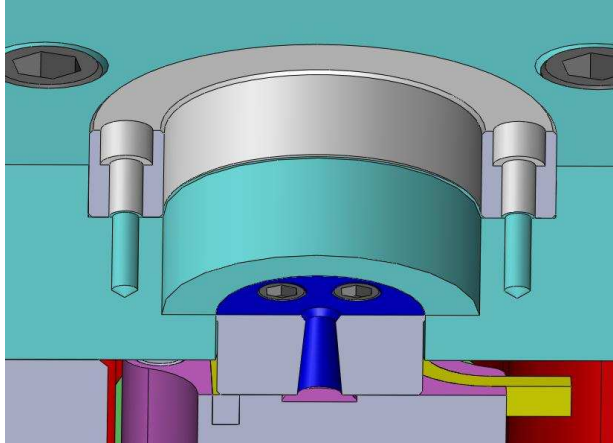
Del sistema de alimentación, o llenado, tiene como función la de recibir el material de moldeo, fundido, que procede del cilindro de plastificación de la máquina, y conducirlo hasta la cavidad del molde.

Este sistema consta fundamentalmente de las siguientes partes, bebedero, cámara caliente, canales de alimentación y distribución, entradas y cavidad del moldeo.

### 5.3.2.1.- Formas y dimensiones del bebedero.

El bebedero de inyección es un orificio tronco cónico que está colocado en la parte fija del molde. Permite el paso del flujo del material procedente de la boquilla de la máquina de inyección hacia la cámara caliente, los canales y cavidades del molde, al cerrar la máquina.

Si tenemos en cuenta que la boquilla se apoya directamente sobre el bebedero, ejerciendo una carga localizada sobre el mismo, será conveniente fabricar el bebedero en acero templado, y diseñarlo de forma que pueda ser sustituido con facilidad cuando se deteriore o desgaste el orificio exterior.



El orificio del bebedero debe estar con un acabado pulido brillante, realizándose esta operación en el sentido del eje para evitar rugosidades en el perfil interior.

En la foto adjunta de este proyecto, el bebedero es la pieza de color azul oscuro.

El taladro del bebedero es de forma cónica, quedando el diámetro mayor hacia el lado de la cavidad del molde. El diámetro menor debe ser algo mayor que el diámetro

de la boquilla para evitar que la colada se vea impedida en su salida. Aproximadamente, es suficiente con un 10 a 15% mayor. Si la entrada del canal es más pequeña que la abertura de la tobera, o tiene una parte cilíndrica, o presenta conicidad invertida de la rotura de la colada, se produce en un punto intermedio, anterior para la zona de contacto del bebedero y la boquilla, quedando retenido parte del material y dificultando e impidiendo la siguiente inyectada.

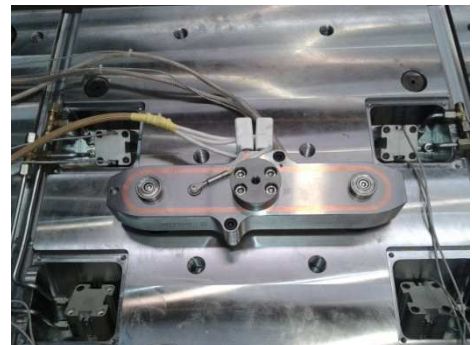
El canal del bebedero a de estar en el eje de la tobera de inyección y adaptarse perfectamente a ella. Este contacto puede hacerse de diversas formas: superficies de contacto planas y superficies curvadas. Las superficies planas se emplean poco por que exigen una mayor presión de cierre (existe la excepción de los moldes de canales diferentes).

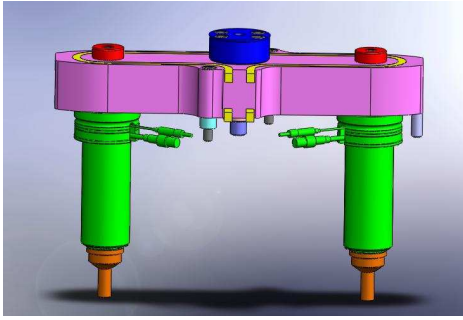
### 5.3.2.2.- Cámara caliente

Este dispositivo se usa generalmente cuando la pieza es grande, de paredes pequeñas y su inyección es compleja y complicada, como es el caso de la pieza a inyectar de este proyecto.

También es obligatorio su uso cuando el molde es de muchas cavidades y requiere un llenado uniforme, cosa que con la inyección convencional no se conseguiría.

Uno de sus puntos negativos es que hay que considerar que su costo es alto en la construcción del molde, pues los elementos necesarios, tanto del molde como periféricos son muy delicados, y su mantenimiento es muy caro.





Sus partes principales son, el bloque (rosa), boquillas (verde) y punteras (naranja). Lleva 3 resistencias, una en el bloque (amarillo), y otra en cada boquilla, con sus correspondientes termopares. El termopar es un sistema eléctrico que mide la temperatura de la resistencia. Todo esto va con un cableado y un enchufe rápido, para que se conecte a la máquina inyectora.

Su funcionalidad es mantener caliente el plástico fundido hasta que entra en la cavidad del molde, para así conseguir que fluya mejor en el llenado de la pieza a inyectar.

### 5.3.2.3.- Canales de alimentación

Los canales de alimentación o distribución, constituyen la parte del sistema de alimentación que une la cámara caliente con las cavidades del molde en este caso. La elección, disposición y realización de los canales es muy importante, ya que influye directamente en el éxito de la operación de moldeo.

No olvidemos que el material plástico penetra a gran velocidad en el molde, que se encuentra a una temperatura muy inferior, y que produce una disipación rápida de calor, enfriando y solidificando rápidamente el material que se encuentra en contacto con las paredes. El material que fluye por el centro queda aislado respecto de las paredes del canal y es ésta la que realiza el llenado de la cavidad, y debe mantenerse hasta que la pieza esté totalmente solidificada, con el fin de que la presión de ataque sea efectiva y capaz de compensar la contracción de volumen que tiene lugar durante la solidificación.

De esta exigencia se deriva principalmente la geometría de los canales. Deberán tener una sección transversal que permita al material plástico circular libremente, y una longitud lo más pequeña posible, para disminuir la resistencia al flujo, las caídas de presión y las pérdidas de calor.

La resistencia al flujo a lo largo de los canales se puede controlar por el tamaño de los mismos. De esta forma disponemos de un medio adecuado para equilibrar el flujo que se dirige a las distintas cavidades, ya que es necesario que todas ellas se llenen simultáneamente y de modo uniforme.

No deben tener marcas que puedan dar lugar a la retención del material, y sus paredes han de pulirse en la dirección del flujo, para mayor facilidad del mismo. Hay que evitar las curvas demasiado bruscas y los ángulos agudos, que constituyen un obstáculo para el deslizamiento del material y pueden crear turbulencias.

En consecuencia, el diseño de los canales de alimentación exige un riguroso cuidado en los tres puntos siguientes: forma del canal, tamaño de la sección, distribución y disposición de los canales.



Para elegir la forma de sección adecuada es preciso tener en cuenta que la relación entre el área de la sección transversal y su perímetro, da una indicación directa de la eficiencia del canal. El único requisito que debe cumplirse para que esta sea buena, es que la sección sea lo mayor posible respecto a su propio perímetro. Esto se basa en el ahorro del material y en las condiciones de refrigeración.

Los canales que mejor cumplen las condiciones anteriores son los circulares y los cuadrados, pero ambos hay que mecanizarlos en las dos mitades del molde, y esto supone un aumento del coste de mecanización y un riesgo de que en el momento de unión de las dos mitades del molde estas no coincidan exactamente, produciendo rebabas y defectos en el sistema de alimentación.

La sección más fácil de mecanizar es la semicircular, pero tiene un inconveniente. La relación perímetro sección es muy grande y el material se enfría en exceso. Un canal de media caña con la misma sección transversal que un canal circular tiene un perímetro aproximadamente de un 15% mayor.

Los canales de sección cuadrada son difíciles de mecanizar y de desmoldar y por ello se utilizan en su vez canales de sección trapezoidal. Su volumen es un 28% mayor que el de un canal circular con dimensiones equivalentes.



El tema de elegir una sección adecuada es importante porque durante el llenado del molde el material que penetra se va enfriando al contacto con las paredes del canal y forma una película aislante del resto del material que pasa por el centro, y que mantiene la temperatura del flujo.

Después de todas las explicaciones anteriores, se opta por elegir canales semicirculares, que después de las diferentes indicaciones se llega a esa conclusión.

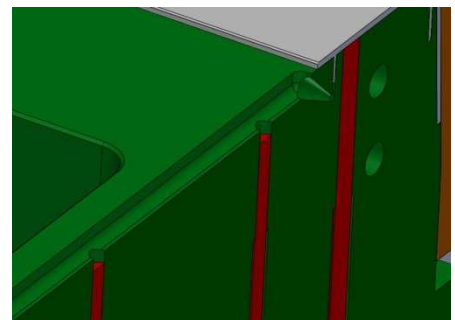
En nuestro caso estos canales están mecanizados en la placa macho, con la forma que se ve en la foto de sección adjunta.

#### 5.3.2.4.- Colada

Se llama así al material que queda solidificado de los canales de alimentación. La rotura y extracción del mismo debe realizarse automáticamente en el momento de apertura del molde.

Como podemos ver en la foto adjunta, se ve la sección de un canal de alimentación del molde, parte donde se queda la colada, con los expulsores correspondientes para su expulsión (color rojo).

En todos los casos es necesario que la sección sea lo suficientemente robusta para que así no se produzca la rotura, caso que impediría la extracción entera de la colada.



En este caso la extracción de la colada se realiza por medio de tres expulsores situados en los canales de alimentación.

#### 5.3.2.5.- Punto de inyección o entrada

El punto de inyección es el punto o el orificio a través del cual penetra la masa fundida en la cavidad.

La elección del punto de inyección es muy importante en el diseño del molde. De su colocación dependerá el camino que ha de recorrer el material inyectado antes de llegar a las cavidades.

Este punto puede estar situado en el plano de partición del molde si la máquina es de inyección vertical, pero no es este nuestro caso. Por tanto el punto de inyección se colocará, como es habitual en la mayoría de los casos, de forma perpendicular al plano de unión.

Reglas generales para la disposición de los puntos de inyección.

- El punto de inyección debe situarse en las cercanías de la superficie de la pieza, que deba tener mejor aspecto para ello, pero no en una parte visible de la pieza. De ésta forma se evitan las señales de soldadura o de flujo.
- La colocación se realizará en zonas que permitan un flujo fácil (plano de gran superficie, ranura, etc.) evitando los obstáculos formados por las partes en relieve del molde (vástagos, machos, etc.).
- Estudiar la forma más adecuada para que permita la salida del aire atrapado en la cavidad.
- El punto de inyección se colocará de forma que el material avance según un frente continuo, sin que sea dividido por los obstáculos de la cavidad.
- En piezas con espesores diferentes se situará en una zona gruesa, que podrá ser alimentada más largo tiempo para compensar la contracción.

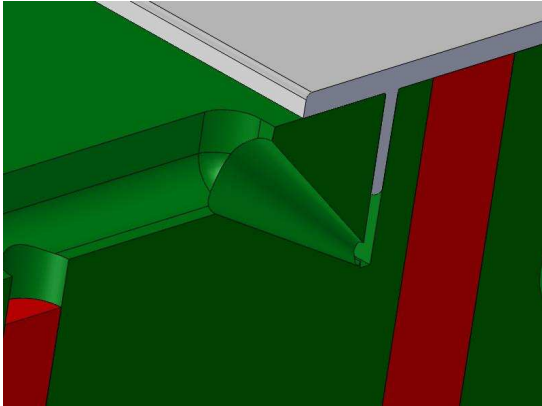
Hay entradas de muchos tipos:

- Normal o estándar
- Lateral múltiple
- Directa
- De túnel, o submarina
- Capilar



Siempre que sea posible la entrada se colocará de modo que se obtenga alguna economía al separar el artículo moldeado del material sobrante. Es preciso buscar las necesidades mínimas en el acabado final de la pieza.

Se deben seguir unas pautas a la hora de diseñar las entradas:

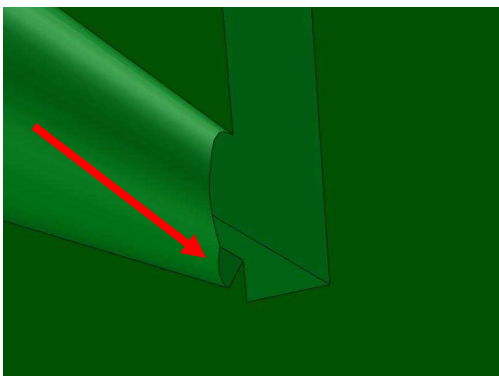


- Debe solidificar inmediatamente después de que la cavidad se haya llenado.
- Su separación del resto de material debe ser realizada con facilidad.
- Tras su separación tan solo quedará una pequeña marca en la pieza.

La posición de la entrada en una pieza debe ser la que permita que el flujo del material fundido siga el régimen laminar y penetre

uniforme y homogéneamente en la cavidad.

En nuestro caso, hemos puesto una entrada submarina. Este tipo de entrada se pone principalmente cuando el molde es de gran tirada y ese punto no afecta a la pieza. Además este tipo de entrada es la más apetecible, dado que el coste de esta entrada es la más barata.



En moldes de cavidad múltiples, como es el caso, la penetración debe realizarse al mismo tiempo en todas cavidades.

Es importante que en la punta de la entrada tenga un pequeño bordillo, llamado punto frío. Esto se hace para retener la primera gota de la colada o inyección plástica, ya que es esta la que está más fría. Consiguiendo de esta forma mejor fluidez, y evitando así una posible mala fusión en el momento de unión de las distintas partes del plástico fundido.

### 5.3.3.- Respiraderos

Antes de comenzar el proceso de inyección y con el molde ya cerrado, todas las cavidades del mismo están llenas de aire.

Al inyectar el material, parte de ese aire puede quedar atrapado dentro de dichas cavidades si no se les ha realizado una pequeñísima salida al exterior. Si ese aire queda atrapado dentro de las cavidades, se tendrán llenados incorrectos de las mismas, ya que el material no podrá llegar a todos los puntos de la cavidad.

El material, inyectado a altas presiones, comprime el aire ocluido en los puntos más alejados de la entrada a la cavidad, sufriendo una compresión adiabática que da lugar a un aumento de la temperatura y que ocasiona señales de quemaduras sobre las superficies de las piezas moldeadas.

Los respiraderos que se preparan para evitar estos defectos son pequeños surcos trazados en las superficies de unión de las placas del molde, sobre los expulsores, o bien, pequeños orificios situados en aquellas zonas de la cavidad que lo requieran.

Estos respiraderos para las cavidades se deben colocar en puntos estratégicos para que el aire pueda salir antes de que el plástico rellene la cavidad. Deben estar situados en los puntos más alejados a la entrada a la cavidad.

En las cavidades, el aire que está en el interior sale por espacio que encuentra libre en las holguras de los extractores.

Los respiraderos o salida de gases, por lo general se hacen después de ver las primeras muestras, ya que hay muchas veces que no son necesarios. Los gases pueden salir por las juntas de la cavidad, ya que miden aproximadamente lo mismo que una salida de gases, del orden de centésimas de milímetro. Son necesarios cuando los nervios son muy finos y profundos, cosa que no es nuestro caso. Así que en este molde no lleva salida de gases por que no es necesario.

En las columnas es preciso también una salida de aires al exterior, pero en este molde las columnas van comunicadas directamente con el exterior, así que no es preciso hacer ningún respiradero.

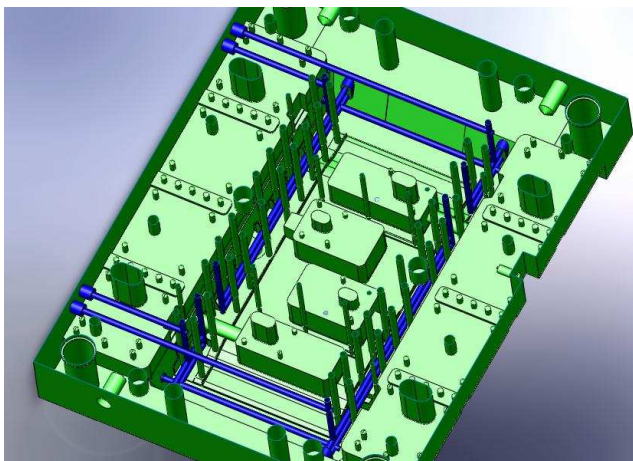
## 5.4.- Sistema de refrigeración

En el moldeo por inyección el material entra caliente en el molde y debe enfriarse rápidamente a una temperatura que deba solidificar y adaptar la forma de la cavidad.

Cuanto más caliente entre el material en el molde, mayor será el tiempo necesario para que este se enfríe y solidifique, todo ello antes de la apertura del molde.

Por otra parte, si el enfriamiento es excesivamente fuerte, puede ocurrir que el material solidifique antes de que se llene toda la cavidad. Para evitar esto, es preciso un justo equilibrio entre la temperatura de inyección y el sistema de refrigeración. Normalmente es aconsejable trabajar a temperaturas ligeramente superiores a las necesarias para el llenado total de la cavidad, para así tener un buen acabado superficial.

Durante el tiempo que cuesta realizar el ciclo de moldeo, el calor del material no puede ser disipado por simple conducción a través de la masa metálica del molde. Este calor se acumula



en el molde, retardando el enfriamiento de las piezas ya moldeadas. Por estos motivos necesitamos instalar un sistema de refrigeración. Este se lleva a cabo mediante canales por los cuales circula agua en circuito cerrado.

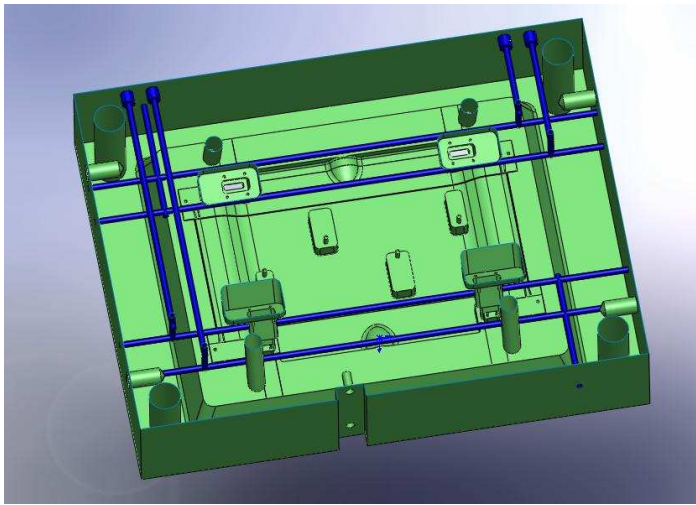
En este molde, se instalan circuitos de refrigeración en las placas que están en contacto con la pieza inyectada, placa macho, placa cavidad y correderas. Todos los conductos de refrigeración son de 10 mm de diámetro.

En las correderas este circuito es simplemente un conducto longitudinal, en las otras dos placas los conductos son más complicados como se puede ver en estas dos fotos.

En la foto anterior, vista interior de la placa macho desde la parte de abajo, se pueden ver los canales de refrigeración en azul. Estos canales son de 10 mm de diámetro

Para evitar fugas se colocan unos tapones en todas las salidas de los canales al exterior del molde, excepto de los que hacen de entrada y salida del circuito de refrigeración. Estos tapones empleados no deben sobresalir de la superficie de la placa para así evitar roces y errores en el montaje y en el funcionamiento del molde.

Además se pueden colocar tapones u obturadores de circuito dentro de los canales e indicar exactamente el camino que ha de recorrer el agua. En este circuito se tienen que colocar tapones interiores ya que el agua siempre recorre el camino más fácil y con menor resistencia, de esta forma recorrerá todos los canales y tendrá una mejor refrigeración.



En la foto adjunta, vista interior de la placa cavidad desde la parte de abajo, se pueden ver en color azul los canales de refrigeración. Estos canales son de 10 mm de diámetro.

En las entradas y salidas se colocarán los dispositivos necesarios para asegurar que el agua entre y salga del molde hacia la nodriza o tanque. Este es un gran depósito común para todas las máquinas inyectoras, que por medio de un intercambiador, enfría el agua que viene caliente de las máquinas inyectoras. De este depósito el agua que va al molde sale de entre 10°C y 25°C, y regresa a él entre 60°C y 75°C, dependiendo de la época del año.

## 5.5.- Sistema de expulsión

Una vez inyectada y enfriada la pieza, es preciso expulsarla del molde.

Tras la apertura del molde, las piezas quedan adheridas a las cavidades y es por esto por lo que se precisa un sistema de expulsión, para efectuar el desmoldeo de las piezas.

Generalmente los expulsores se montan en la parte móvil del molde por que el diseño de las máquinas inyectoras hace que por un lado valla la parte de inyección del molde y por otra la de expulsión. La carrera de los expulsores debe ser suficiente como para permitir la retirada de la pieza moldeada de las partes fijas del molde.

Los expulsores no solo sirven para efectuar el desmoldeo de las piezas, sino también para evacuar los gases de la cavidad.

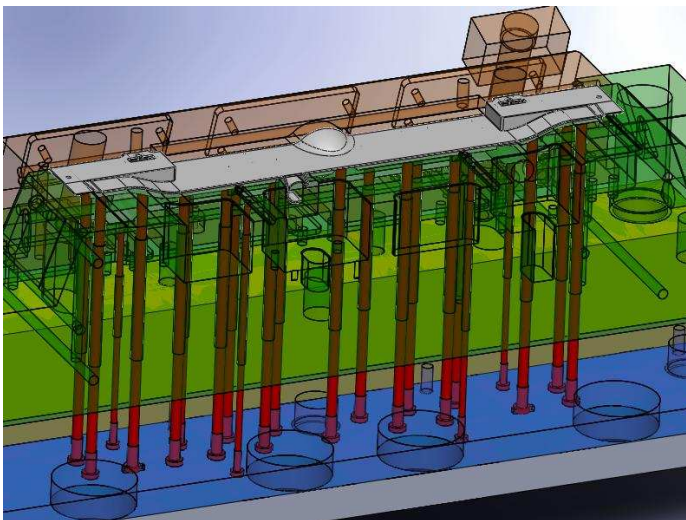
Los expulsores deben actuar:

- Cerca de puntos que opongan mayor resistencia a la extracción.
- En zonas muy rígidas de la pieza para así evitar deformaciones.
- En zonas donde no importe el acabado superficial o pueda disimularse la marca de los expulsores.

Cualidades de un sistema de expulsión:

- No debe ser brusco.
- Debe ser resistente al desgaste.
- Debe ser sencillo y económico.
- Debe tener un buen rendimiento.
- Debe dejar el mínimo de marcas en las piezas moldeadas.

Hay que destacar que en este molde la máquina inyectora hace que los expulsores realicen dos carreras de expulsión. En la primera, expulsan la pieza y colada. Como la pieza está caliente, se suele quedar pegada a los expulsores, con lo que al recogerse los expulsores, la pieza suele caer. En la segunda carrera tienen la función de asegurar que no hay ningún obstáculo para la próxima inyectada. Es una carrera de prevención, por si ha habido algún fallo y queda algo sin expulsar.



En la foto adjunta, sección semitransparente de la parte fija del molde, vemos la pieza inyectada con los expulsores en color rojo.

Funcionamiento:

Su funcionamiento es mecánico, al realizarse la apertura del molde, la máquina inyectora hace el movimiento de apertura. Ese mismo movimiento hace que mediante unas guías inclinadas, haga separarse a las correderas, parte móvil, de la pieza, dejando así libre el camino para la expulsión.

Una vez que las correderas están sin tocar la pieza, se activa el sistema de expulsión. Las placas expulsoras llevan un tirante, que se acopla a la máquina inyectora, por medio de un cilindro roscado. De esta forma la máquina inyectora acciona el sistema de expulsión. Para ello se cuentan con 46 expulsores, 20 por cada pieza a extraer, y 6 más para la colada de los canales de alimentación, 3 en cada canal.

Los expulsores van alojados en la placa macho

Los expulsores llegan hasta una determinada distancia. Esta distancia hay que controlarla para que no haya variaciones.

La placa expulsora y sufridera expulsora, se moverán en dirección vertical y harán que los expulsores se muevan, realizando así la función de expulsor.

### 5.5.1.- Tipos de expulsores

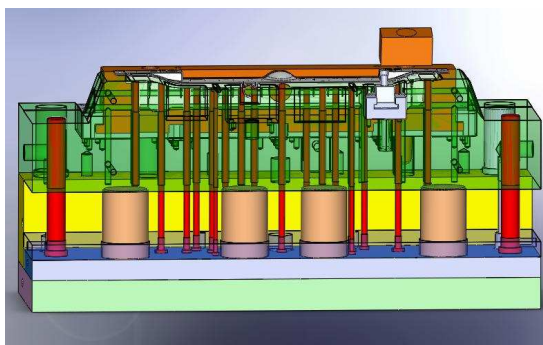
Los expulsores utilizados son del catalogo comercial Eldracher S.L., todos los componentes normalizados en este molde se han escogido de este catalogo comercial, los 46 expulsores escogidos son los siguientes:

- Expulsor Ø 6 x 290, tipo A, acero 2344 Nitrurado. (6 expulsores)
- Expulsor Ø 6 x 245, tipo A, acero 2344 Nitrurado. (4 expulsores)
- Expulsor Ø 10 x 315, tipo A, acero 2344 Nitrurado. (12 expulsores)
- Expulsor Ø 10 x 301, tipo A, acero 2344 Nitrurado. (24 expulsores)

Una vez expulsada la pieza, el molde recupera su posición original, listo para inyectar otra pieza.

### 5.5.2.- Guías de retroceso

Tienen forma de expulsor, pero con un diámetro mucho mayor. Su función no es la de



expulsar, sino la de un sistema de seguridad de este. Para evitar, si se cierra el molde con lo expulsores fuera, generalmente por un fallo humano, que se claven los expulsores en la placa cavidad el molde. Si esto se produce, las guías de retroceso pararán el golpe y llevarían a los expulsores a su sitio.

En este caso son de Ø 32 x 240, tipo A, acero 2344 Nitrurado. (4 guías de retroceso)

En la foto vemos las guías de retroceso en los extremos del molde, en color rojo.

En este caso el sistema de las guías de retroceso va reforzado por el sistema de final de carrera. Debido a que cuando se cierra el molde, las correderas van a su sitio y colisionarían con los expulsores.

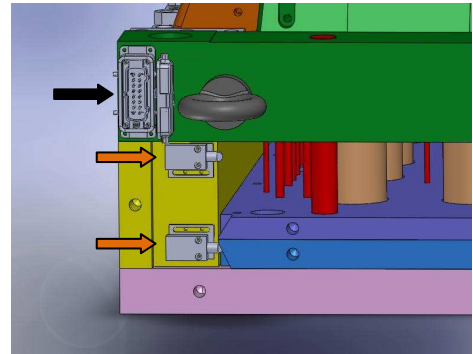


### 5.5.3.- Detectores de final de carrera

Es un sistema de seguridad del proceso de expulsión. Aseguran que en el proceso de inyectado de la pieza, el sistema de expulsión esté en la posición correcta. Cuando están los expulsores fuera no se puede cerrar el molde hasta que el sistema de expulsión esté en su sitio.

Este sistema va conectado a un conector donde va el cableado de los cilindros.

En la foto vemos los detectores de final de carrera señalados con flecha de color naranja, y el conector señalado con flecha de color negro.



### 5.6.- Sistema de centrado y guiado del molde

Para conseguir la máxima precisión y evitar su deterioro, los moldes necesitan de unos elementos propios de centrado y guías interiores.

En moldes como el diseño de este proyecto, el problema se puede resolver colocando unas columnas guías que sobresalen de una de las mitades del molde cuando este está abierto, y que, al efectuar el cierre, se introducen en unos casquillos guías situados en la otra mitad.

Las columnas guías y sus correspondientes casquillos se colocan para asegurar la alineación y el centrado de las dos mitades del molde.

En este molde se han colocado cuatro columnas guías, situadas en las cercanías de los bordes del molde, lo más lejanas posibles unas de otras, para así disminuir el efecto de la holgura entre la columna y el casquillo.

La longitud de las columnas debe ser tal que la porción recta de la misma penetre en el casquillo en una cantidad igual a su diámetro, antes de que el macho penetre en la cavidad de moldeo. La longitud de los casquillos debe ser al menos igual al diámetro de la columna guía.

Las columnas y casquillos deben ajustarse a la presión en las placas del molde. Se ha elegido para los casquillos un ajuste H7-k6.

Las placas expulsoras al retroceder después de la expulsión tienen unos topes que se denominan tacos cortos, y las contra-expulsoras tienen unos topes denominados “setas”. Otro sistema de guiado es el elemento “vela” del mecanismo de extracción del macho, anterior a la extracción de la pieza, que por su inclinación y dimensión desplaza linealmente al mecanismo.



## 6.- MATERIAL DE LAS PIEZAS DEL MOLDE

Para la transformación de polímeros mediante el proceso de inyección, son indispensables moldes de gran calidad con una elaboración muy precisa, y que sean muy resistentes para que tengan una vida útil larga. Estos moldes se fabrican actualmente en aceros, metales no férricos como el aluminio, materiales de colada no metálica, obtenidos galvánicamente u otros a base de materiales cerámicos.

El tipo de molde con el que se pretende fabricar piezas de plástico depende de varios factores como son:

- Las exigencias que se le piden a la pieza.
- Los costes de fabricación del molde.
- El tiempo de ciclo.
- El número de piezas que se quiere fabricar con el molde (vida útil).

Escoger el mejor material que se adapte a las necesidades del molde, asegura la calidad final del molde desde la etapa inicial. Por ejemplo, los materiales con buenas propiedades térmicas presentan generalmente propiedades mecánicas menos buenas. Por esta razón, es importante que las diferentes partes que intervienen en el proceso productivo de un molde tengan en cuenta la opinión de los aceristas y de los talleres especializados en tratamientos térmicos y termoquímicos desde la fase de desarrollo.

### 6.1.- Aceros

Para obtener un rendimiento bueno del molde, es esencial seleccionar el acero adecuado, un buen diseño y un correcto tratamiento térmico, además de tener que satisfacer las condiciones impuestas a la pieza acabada y los esfuerzos que tiene que soportar el molde.

Teniendo todo esto en cuenta, las propiedades que tienen que tener los aceros son las siguientes:

- Facilidad en el mecanizado: Es imprescindible una buena facilidad de mecanizado del material con el que se construye el molde para una rápida elaboración, ya que el plazo de entrega de un molde suele ser corto.
- Buena capacidad para el pulido: para conseguir acabados superficiales de calidad para piezas con grandes exigencias estéticas.
- Alta resistencia al desgaste: Hay piezas de plástico que debido a sus especificaciones deben realizarse en materiales plásticos que vienen acompañados de fibra de vidrio, materiales minerales,...etc, que aumentan la rigidez de dicha pieza pero que son altamente abrasivos para el molde. Por esta razón es muy importante escoger el material o recubrimiento idóneo para el molde.

- Alta resistencia a la corrosión: También hay materiales plásticos que vienen acompañados con productos químicos como por ejemplo los materiales ignífugos, que son altamente corrosivos para la superficie del molde. Por lo tanto, es aconsejable utilizar aceros de alta resistencia a la corrosión o con recubrimientos en la superficie como por ejemplo cromo.
- Alta resistencia a las deformaciones: Existen plásticos que deben inyectarse a temperaturas elevadas que alcanzan fácilmente los 250°C. En estos casos, deben utilizarse aceros con una elevada temperatura de revenido. De no tener en cuenta estas exigencias, se pueden producir cambios en la estructura del molde y como consecuencia un cambio en las medidas de la pieza que se desea fabricar.

Cuando un producto tiene unas especificaciones muy exigentes, como por ejemplo, buen acabado superficial, medidas exactas, elevada velocidad de producción, gran número de piezas, etc., los moldes se elaboran exclusivamente por arranque de ferrita o por prensado en frío. Además, para la construcción de estos moldes se utilizan bloques de acero refinado, forjado o laminado o materiales cerámicos. En estos casos se aceptan mayores costes de fabricación del molde en comparación con moldes con menos exigencias.

Por otro lado, cuando solo desea realizar tiradas de piezas más pequeñas, los materiales utilizados en la construcción del molde suelen ser más económicos y con métodos de fabricación más sencillos. Un ejemplo sería, en la construcción de moldes "prototipo" en la que solo se desean unas pocas piezas. Estos moldes "prototipo" se construyen casi siempre en aluminio ya que es más fácil de mecanizarlo, pero en cambio, tienen una vida útil muy corta ya que el aluminio es un material blando y se desgasta más rápidamente.

La experiencia de muchos años y colaboración entre fabricantes de acero y fabricantes de moldes, ha facilitado el desarrollo de una gran variedad de aceros destinados a la fabricación de moldes. Dependiendo de la función de cada componente dentro del molde, precisaremos de un acero con características diferentes. Hoy en día, los aceros se dividen en 5 grandes grupos con características diferentes:

- Aceros de cementación.
- Aceros bonificados.
- Aceros resistentes a la corrosión.
- Aceros de revenido total.
- Aceros de nitruración.

Comparación de las propiedades de los grupos de aceros, según sus propiedades más relevantes:

	Resist. al Desgaste	Dureza	Resist. a la corrosión	Tenacidad	Capacidad de pulido	Soldabilidad	Capacidad para el mecanizado
Acero de cementación	3	3	0	2	3	0	3
Acero bonificado	0	0	0	2	2	2	1
Acero resist. a la corrosión (recocido)	2	3	2	0	3	1	1
Acero resist. a la corrosión (bonificado)	1	0	3	2	2	1	1
Acero templado total	3	3	1	3	2	3	0

0 MALO, 1 REGULAR, 2 BUENO, 3 MUY BUENO

En la tabla siguiente se especifican las propiedades mecánicas y térmicas de los aceros para moldes de inyección.

Tipos de Acero	Designación según DIN17006	Material N°	Peso específico [g/cm <sup>3</sup> ]	Conductividad térmica [cal/g°C]	Dilatación térmica [10-6/°C]	Calor específico [cal/cms°S]	Modulo de elasticidad [kp/mm <sup>2</sup> ]
Acero de cementación	C4W3	1.1803	7.85	0.16	10-14	0.115	21000
	C15WS	1.1805	7.85	0.16	10-14	0.115	21000
	X6CrMo4	1.2341	7.85	0.11	10-14	0.115	21000
	21MnCr5	1.2162	7.85	0.11	10-14	0.153	21000
	X19NiCrMo4	1.2764	7.85	0.08	10-12	0.11	21000
	15NiCr14	1.2735	7.85	0.08	10-12	0.11	21000
	21CRMnM05	1.2310					
Acero de nitruración	33AlCrMo4	1.2852					
	29CrMoV9	1.2307	7.85	0.08	10-12	0.11	21000
	34CrA16	1.2851					21000
Acero templado	X45NiCrM04	1.2767	7.85	0.08	10-12	0.11	21000
	90MnV8	1.2842	7.85	0.08	10-12	0.11	21000
	X210Cr12	1.2080	7.8		10.5-12.5		21000
	105WCr6	1.2419	7.8	0.09	10-14	0.113	21000
	100MnCrW4	1.2510	7.8				21000
	X100CrMoV51	1.2363					
	X165CrMoV12	1.2601	7.8				21000
	35NiCrMo16	1.2766	7.8		11.5-13	0.14	21000
	54NiCrMoV6	1.2711			12-14	0.13	21000
Acero bonificado para utilizar en estado de suministro	55NiCrMoV6	1.2713	7.8		12-13		21000
	X38CrMo51	1.2343	7.8		11.5-12	0.12	21000
	50CrV4	1.2241			13-15		21000
	40CrMnMo7	1.2311	7.8				21000
	X40Cr13	1.2083	7.7	0.07	10-12	0.11	21500
Acero resistente a la corrosión	X36CrMo17	1.2316	7.7	0.07	10-11	0.11	21300

Tipos de Acero	Designación según DIN17006	Material N°	Resistencia del núcleo [kp/mm2]	Dureza superficial después del revenido a 200°C	Estado de suministro	
Acero de cementación	C4W3	1.1803	45	61 HRC	Recocido suave	100 HB
	C15WS	1.1805	60	61 HRC	Recocido suave	100 HB
	X6CrMo4	1.2341	90-100	61 HRC	Recocido suave	120 HB
	21MnCr5	1.2162	100-130	60 HRC	Recocido suave	210 HB
	X19NiCrMo4	1.2764	120-130	56-62 HRC	Recocido suave	250 HB
	15NiCr14	1.2735	95-125	60 HRC	Recocido suave	190 HB
	21CRMnM05	1.2310	120	61 HRC	Recocido suave	217 HB
Acero de nitruración	33AlCrMo4	1.2852	80-100	900 HV	Recocido suave	230 HB
	29CrMoV9	1.2307	80	750 HV	Recocido suave	
	34CrA16	1.2851	80-100		Recocido suave	225 HB
Acero revenido	X45NiCrM04	1.2767	templado total	54 HRC	Recocido suave	250 HB
	90MnV8	1.2842	templado total	62 HRC	Recocido suave	220 HB
	X210Cr12	1.2080	templado total	62 HRC	Recocido suave	250 HB
	105WCr6	1.2419	templado total	62-64 HRC	Recocido suave	230 HB
	100MnCrW4	1.2510	templado total	62 HRC	Recocido suave	230 HB
	X100CrMoV51	1.2363	templado total		Recocido suave	
	X165CrMoV12	1.2601	templado total	58-61 HRC	Recocido suave	250 HB
	35NiCrMo16	1.2766	templado total	175Kp/mm2	Recocido suave	260 HB
Acero bonificado para utilizar en estado de suministro	54NiCrMoV6	1.2711	templado total	90-120 HRC	Recocido suave	240 HB
	55NiCrMoV6	1.2713	templado total	185 Kp/mm2	Recocido suave	240 HB
	X38CrMo51	1.2343	templado total	190 Kp/mm2	Recocido suave	240 HB
	50CrV4	1.2241	templado total	55 HRC	Recocido suave	230 HB
	40CrMnMo7	1.2311	templado total	170 Kp/mm2	Recocido suave	230 HB
Acero resistente a la corrosión	X40Cr13	1.2083	templado total	57 HRC	Recocido suave	230 HB
	X36CrMo17	1.2316	templado total	51 HRC	Recocido suave	230 HB

Las diferentes calidades de los aceros vienen determinada por el contenido de la aleación y el tratamiento térmico. El efecto que aporta cada elemento en la aleación sobre las propiedades de los aceros se muestra en la tabla siguiente:

	Carbono	Silicio	Manganeso	Niquel	Cromo
Dureza	2	1			
Templabilidad		1	1	1	2
Resistencia a la corrosión		1			1
Resistencia al desgaste	2		0		1
Tenacidad	0	0	1	1	0
Consistencia en el revenido		1	0		0
Dureza/Resistencia en caliente		1			
Sensibilidad al sobrecalentamiento	0	0	0		1

0 Negativo, 1 Positivo, 2 Muy Positivo

	Wolframio	Vanadio	Molibdeno	Cobalto
Dureza				1
Templabilidad			1	
Resistencia a la corrosión				
Resistencia al desgaste	1	2	1	
Tenacidad	0	0	0	0
Consistencia en el revenido	1	1	1	2
Dureza/Resistencia en caliente	1	1	1	2
Sensibilidad al sobrecalentamiento	1	1	1	1

0 Negativo, 1 Positivo, 2 Muy Positivo



- Carbono: Elemento básico que acompaña al hierro en el acero. Aumenta la dureza y resistencia, pero disminuye la ductilidad y resiliencia. Al aumentar el carbono aumenta la capacidad de templeado y disminuye la soldabilidad.
- Manganeso: Favorece la forjabilidad.
- Níquel: Mejora la resistencia, tenacidad y ductilidad favoreciendo el templeado.
- Cromo: aumenta la dureza, la resistencia y la elasticidad favoreciendo la cementación.
- Vanadio: Aumenta la forjabilidad y disminuye la capacidad de soldar.
- Molibdeno: Facilita el templeado y hace el acero resistente a altas temperaturas.
- Cobalto: Hace que el acero conserve su dureza a altas temperaturas.
- Aluminio: Favorece la nitruración.
- Azufre: Favorece el mecanizado, pero perjudica la resistencia y la tenacidad.
- Fósforo: Favorece la colada en piezas fundidas pero perjudica las propiedades mecánicas.

### 6.1.1.- Aceros de Cementación

Los aceros de cementación tienen unas características óptimas para la construcción de moldes. Su principal ventaja es que por carburación de la superficie se obtiene una gran dureza superficial, y además, un núcleo resistente y tenaz. La elevada dureza superficial hace que los moldes sean resistentes a la abrasión y con el núcleo resistente y tenaz se consigue más resistencia a esfuerzos de flexión bruscos. Otra característica que hace que sean aceros ideales para la fabricación de moldes, es que son aceros con gran capacidad para el pulido y el mecanizado. Podemos conseguir propiedades adicionales mediante tratamientos térmicos como el temple y el revenido que harían que nuestro acero fuera más duro y resistente.

El tratamiento térmico para obtener un acero cementado consiste en calentar el acero en un medio que aporte carbono, manteniendo una temperatura entre 800-900 grados y enfriándolo a continuación con agua o aceite. La cantidad de carbono no puede ser superior al 0.2% en el núcleo, mientras que en la capa externa puede llegar al 0.8%. Si después de la carburación se aplica un revenido, se obtiene una superficie dura y resistente al desgaste, mientras el núcleo, con menos contenido en carbono, es más tenaz y blando. Dependiendo de la temperatura y de la duración de esta, la capa de acero cementada puede ser de entre 0.6 a 2mm.

### 6.1.2. Aceros bonificados

Estos aceros son especialmente utilizados en moldes de grandes dimensiones, debido a que cuando se realizan los tratamientos térmicos, especialmente el cementado, el molde sufre cambios dimensiones que podrían provocar cambios en las dimensiones de la pieza que se desea obtener. Mediante la bonificación se consigue una elevada resistencia a la tracción y la tenacidad en toda la sección del acero. También tiene buenas características para su mecanizado mediante arranque de ferrita.

Sin embargo, no todos son ventajas, tienen poca resistencia a la abrasión y una deficiente calidad de la superficie del molde, que habitualmente hace necesario un tratamiento superficial como cromado o nitrurado.

Los aceros son bonificados en la propia industria metalúrgica donde son sometidos a un tratamiento de revenido después del temple. Según aumenta la temperatura del revenido, el acero se alarga y se hace más tenaz, pero también disminuye su dureza y resistencia. Ejemplos de aceros bonificados son el 2311 y 2312. En diámetros superiores a 400mm tenemos el acero 2738 que tiene un 1% de níquel y que retarda la aparición de perlita que es el causante de la pérdida de resistencia desde el exterior al interior de los bloques de acero. Estos aceros contienen un nivel bajo de azufre para un buen pulido y de calcio para un buen mecanizado. La resistencia final después del tratamiento térmico puede variar entre 280-400 HB, siendo más fácil de mecanizar con resistencia baja.

Comparación de las propiedades del tratamiento térmico:

	Dureza	Revenido	Tenacidad	Capacidad de pulido	Mecanizado	Soldabilidad
1.2311	1	1	2	2	2	2
1.2312	1	1	0	1	3	2
1.2738	1	2	3	2	1	2
1.2711	2	2	3	2	0	1

0 MALO, 1 REGULAR, 2 BUENO, 3 MUY BUENO

### 6.1.3.- Aceros resistentes a la corrosión

Los plásticos no son considerados materiales agresivos, pero existen unos cuantos que en su elaboración sí que lo son, como por ejemplo el PVC, poliuretanos, poliacetálicos, etc. Estos plásticos liberan ácido clorhídrico o ácido acético entre otros, durante su transformación al ser calentados. En estos casos, el molde se protege con un revestimiento galvánico, con capas de cromo o níquel. En el caso del cromado, también se consigue un acabado brillante superficial y propiedades que hacen que la pieza inyectada no se quede adherida. Las capas de cromo que suelen aplicarse son de 0.2mm de espesor de forma uniforme por toda la superficie. Si esa uniformidad no se consiguiera, pueden producirse tensiones en la capa protectora que podrían provocar resquebrajamientos indeseados por acción de determinados esfuerzos.

Cuando no es posible conseguir una capa uniforme de cromo por contornos complicados, se suelen utilizar aceros con bajo contenido en carbono y con un contenido de cromo de hasta un 12%. Como consecuencia del alto contenido de cromo, estos moldes no pueden trabajar a más de 400°C, ya que superada esta temperatura el acero puede sufrir corrosión cristalina interna.

Este tipo de acero también es utilizado en moldes que tienen circuitos de refrigeración y que circula un fluido corrosivo como es el agua. Utilizar este tipo de acero en la construcción de moldes, tiene ventajas a largo plazo, ya que el coste de mantenimiento del molde es mínimo y gracias a sus propiedades de mecanizado los costes de producción del mismo son reducidos.

Comparación de las propiedades de los aceros resistentes a la corrosión:

	Dureza	Revenido	Tenacidad	Capacidad de pulido	Mecanizado	Soldabilidad
1.2083	2	2	1	3	2	1
1.2085	0	1	1	1	3	1
1.2316	0	3	3	2	0	1
1.2361	3	2	0	0	1	0

0 MALO, 1 REGULAR, 2 BUENO, 3 MUY BUENO

#### 6.1.4. Aceros de templeado total

En los aceros con un templeado total, lo que se desea es aumentar la dureza de forma significativa y esto se consigue calentando el acero a una temperatura elevada y enfriándolo rápidamente con aceite, agua o aire. De esta manera, permitimos la formación de martensita aumentando la dureza.

Dependiendo de la dureza deseada, se utiliza un agente refrigerador diferente, siendo el agua el que proporciona un enfriamiento más rápido, con lo cual, la dureza conseguida depende de la velocidad de enfriamiento. Otros factores que también influyen en la velocidad de enfriamiento son: la conductividad térmica, el volumen de la pieza de acero y la aleación que tenga dicho acero. Ni, Mn, Cr, Si y otros elementos reducen la velocidad crítica y permitan un endurecimiento completo de secciones grandes.

Los moldes fabricados con este tipo de acero tienen gran resistencia a la abrasión como consecuencia de su elevada dureza, pero también son más sensibles a la formación de grietas y a la deformación, comparados con los aceros de cementación o bonificación, y esto es debido a que tienen una menor tenacidad. Por esta razón, los aceros de templeado total solo se utilizan para moldes pequeños o medianos.

	Dureza	Revenido Total	Tenacidad	Capacidad de pulido	Mecanizado	Soldabilidad
1.2343	1	3	3	2	3	2
1.2363	3	3	0	0	1	1
1.2379	3	3	0	0	0	0
1.2767	1	3	3	3	1	2
1.2842	3	0	1	2	3	1

0 MALO, 1 REGULAR, 2 BUENO, 3 MUY BUENO

### 6.1.5. Aceros nitrurados

Principalmente los aceros cuya aleación tenga aditivos que formen nitruros pueden nitrurarse. Estos aditivos de aleación son el cromo, el aluminio, el vanadio y el molibdeno. Los aceros que se quieren nitrurar, se someten a un recocido en un baño salino de características especiales, que varía según se aplique un nitrurado o un ionitrurado, se produce una difusión de nitrógeno en la superficie del molde y los aditivos de la aleación forman nitruros, que forman una capa nitrurada de una dureza de 665 a 1235 HB, según el tipo de acero y el procedimiento utilizado. Al contrario de otros tratamientos la dureza máxima, se consigue en el interior de la capa nitrurada. Por este motivo es necesario realizar un pulido de la superficie después del nitrurado. En cambio si aplicamos un ionitrurado no es necesario realizar ningún trabajo posterior. El espesor de la capa de nitruración depende del tiempo de duración de la operación. Normalmente con una capa de 0.3mm de nitrurado ya es suficiente para moldes de inyección, que se consigue con una duración de la nitruración de 30 horas.

Las ventajas de estos aceros es que se obtienen moldes sin tensiones, de gran tenacidad, con una elevada dureza superficial y una resistencia a la corrosión mejorada. Además, que este tratamiento no produce deformaciones en el molde durante el proceso de nitrurado.

### 6.1.6. Aluminio y sus aleaciones

Las principales características por las que se utiliza el aluminio en la construcción de moldes son por su peso reducido, una elevada conducción térmica, buena estabilidad química y sobretodo que es fácil de mecanizar. Sin embargo, la aplicación del aluminio queda limitada por su reducida resistencia. Como consecuencia de su poca resistencia se utilizan aleaciones de aluminio que le den más resistencia como pueden ser: AlCuNi, AlCuMg y AlMgSi, que son las aleaciones más duras.

El aluminio y sus aleaciones se suele utilizar en la construcción de moldes en los casos de una rápida entrega al consumidor de piezas, para reducir costes y sobretodo en moldes prototipo. En este último caso, es un medio ágil y fiable de verificar el desarrollo de nuevos productos sin correr riesgos iniciando la construcción de moldes definitivos, sobre todo en el caso de que haya que realizar modificaciones en el molde que en algunos casos extremos puede suponer tener que hacer un molde nuevo.

## 6.2. Materiales obtenidos galvánicamente

Los materiales más importantes para la fabricación de moldes son el níquel y las aleaciones de níquel-cobalto, ya que presentan las mejores propiedades de resistencia, poseen la máxima dureza superficial y tienen un comportamiento óptimo frente a la corrosión y la abrasión.

El cobre y el hierro obtenidos galvánicamente son excesivamente blandos para ser empleados como material para moldes. En cambio, el cromo galvánico es tan duro que no es posible efectuar un trabajo posterior. También presenta fuertes tensiones internas que pueden conducir a la formación de grietas en la capa de cromo.

En la siguiente tabla se muestra alguno de los materiales obtenidos galvánicamente y sus propiedades:

Material	Resistencia a la tracción (Kp/mm <sup>2</sup> )	Límite de estiramiento (Kp/mm <sup>2</sup> )
Níquel	36-151	23-64
Níquel (blando)	35-39	7-12
Níquel-cobalto 60/40	70-145	-
Hierro	26-55	-
Cobre	7-56	8-11
Cobre (blando)	18-26	-

Cabe decir que estos materiales son muy poco habituales en la construcción de moldes y por lo tanto muy pocos talleres de moldes sabrían fabricarlos.

## 6.3.- Tratamientos superficiales

Debido a la facilidad que tiene el acero para oxidarse cuando entra en contacto con la atmósfera o con el agua, es necesario y conveniente proteger la superficie de los componentes de acero para protegerles de la oxidación y corrosión.

Los tratamientos superficiales más usados son los siguientes:

- **Cincado:** tratamiento superficial antioxidante por proceso electrolítico o mecánico al que se somete a diferentes componentes metálicos.
- **Cromado:** recubrimiento superficial para proteger de la oxidación y embellecer.
- **Galvanizado:** tratamiento superficial que se da a la chapa de acero.
- **Níquelado:** baño de níquel con el que se protege un metal de la oxidación.
- **Pavonado:** tratamiento superficial que se da a piezas pequeñas de acero, como la tornillería.
- **Pintura:** usado especialmente en estructuras, automóviles, barcos, etc. aunque también es verdad que algunos moldes se pintan la superficie exterior para protegerlos de la oxidación.

## 6.4.-Tratamientos térmicos

El objetivo de los tratamientos térmicos es mejorar o modificar las propiedades del metal y aleaciones mediante alteraciones en su estructura, con el fin de que gracias a las nuevas propiedades se pueda realizar con garantías los trabajos para los que han sido destinados. A pesar de que la mayoría de metales admiten tratamientos térmicos, las aleaciones de tipo férreo son las mejores para aplicar los tratamientos.

Los tratamientos térmicos consisten en calentar el acero una temperatura determinada, mantenerlo a esa temperatura durante un cierto tiempo hasta que se forma la estructura deseada y entonces se enfría a la velocidad conveniente. Los factores temperatura-tiempo dependen del material, tamaño y forma de la pieza. De esta manera se conseguirá una modificación microscópica, transformaciones de tipo físico, cambios de composición o una determina estructura interna las propiedades de a cual permitirán alguno de los objetivos buscados, como aumentar la dureza, mejor mecanizado, eliminar tensiones internas, evitar deformaciones..etc.

Los tratamientos térmicos que pueden aplicarse al acero sin cambiar su composición química son:

- **Temple:** Su finalidad es aumentar la dureza y la resistencia del acero. Para ello, se calienta el acero a una temperatura entre 900-950°C y se enfría luego más o menos rápidamente en un medio como agua, aceite, etc.
- **Revenido:** Sólo se aplica a aceros previamente templados, para disminuir ligeramente los efectos del temple, conservando parte de la dureza y aumentar la tenacidad. El revenido consigue disminuir la dureza y resistencia de los aceros templados, se eliminan las tensiones creadas en el temple y se mejora la tenacidad, dejando al acero con la dureza o resistencia deseada. Se distingue básicamente del temple en cuanto a temperatura máxima y velocidad de enfriamiento.
- **Recocido:** Consiste básicamente en un calentamiento a una temperatura de 800-925°C seguido de un enfriamiento lento. Con este tratamiento se logra aumentar la elasticidad, mientras que disminuye la dureza. También facilita el mecanizado de las piezas al homogeneizar la estructura, afinar el grano y ablandar el material, eliminando la acritud que produce el trabajo en frío y las tensiones internas.
- **Normalizado:** Tiene por objeto dejar un material en estado normal, es decir, ausencia de tensiones internas y con una distribución uniforme del carbono. Se suele emplear como tratamiento previo al temple y al revenido.



## 6.5.- Tratamientos termoquímicos.

Los tratamientos termoquímicos son tratamientos térmicos en los que, además de los cambios en la estructura del acero, también se producen cambios en la composición química de la capa superficial, añadiendo diferentes productos químicos hasta una profundidad determinada. Estos tratamientos requieren el uso de calentamiento y enfriamiento controlados en atmósferas especiales. Entre los objetivos más comunes de estos tratamientos está aumentar la dureza superficial de las piezas dejando el núcleo más blando y tenaz, disminuir el rozamiento aumentando el poder lubricante, aumentar la resistencia al desgaste, aumentar la resistencia a fatiga o aumentar la resistencia a la corrosión.

- **Cementación (C):** aumenta la dureza superficial de una pieza de acero dulce, aumentando la concentración de carbono en la superficie. Se consigue teniendo en cuenta el medio o atmósfera que envuelve el metal durante el calentamiento y enfriamiento. El tratamiento logra aumentar el contenido de carbono de la zona periférica, obteniéndose después, por medio de temple y revenidos, una gran dureza superficial, resistencia al desgaste y buena tenacidad en el núcleo.
- **Nitruración (N):** al igual que la cementación, aumenta la dureza superficial, aunque lo hace en mayor medida, incorporando nitrógeno en la composición de la superficie de la pieza. Se logra calentando el acero a temperaturas comprendidas entre 400 y 525 °C, dentro de una corriente de gas amoníaco, más nitrógeno.
- **Cianuración (C+N):** endurecimiento superficial de pequeñas piezas de acero. Se utilizan baños con cianuro, carbonato y cianato sódico. Se aplican temperaturas entre 760 y 950 °C.
- **Carbonitruración (C+N):** al igual que la cianuración, introduce carbono y nitrógeno en una capa superficial, pero con hidrocarburos como metano, etano o propano; amoníaco (NH<sub>3</sub>) y monóxido de carbono (CO). En el proceso se requieren temperaturas de 650 a 850 °C y es necesario realizar un temple y un revenido posterior.
- **Sulfunización (S+N+C):** aumenta la resistencia al desgaste por acción del azufre. El azufre se incorporó al metal por calentamiento a baja temperatura (565 °C) en un baño de sales.

## 6.6.- Elección de los materiales y tratamientos térmicos del molde

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, un factor importante en la fabricación de moldes, es saber seleccionar el acero para un buen funcionamiento y rendimiento del mismo. Por esta razón se tiene que analizar qué función tendrá cada pieza del molde y que propiedades se le tienen que exigir al acero para que pueda cumplir su función de la mejor manera.

El acero 1730 (F114) es un acero no aleado que resulta muy atractivo económicamente ya que el material es de menor prestación. Acero no aleado para herramientas de mecanizado y soldabilidad buenas, alta tenacidad. Dureza superficial elevada que se puede templar hasta la dureza 57 HRC. Aplicación Sin templar: en la construcción de moldes y herramientas para piezas auxiliares, placas base, porta-moldes sujetos a bajas sollicitaciones y para moldes por soplado.

El acero 2311 es un acero bonificado de grandes prestaciones muy utilizado en las estructuras de los moldes por su gran dureza, aunque tiene menor tenacidad. Acero estándar para moldes de plásticos, fácil de mecanizar, buen pulido, apto para cromado duro y texturizado, en dimensiones hasta 400 mm de espesor; se puede templar a la llama, apto para la nitruración. Sus aplicaciones son moldes para plásticos de tamaños mediano y pequeño, moldes de compresión y porta-moldes hasta 400 mm de espesor.

El acero 2344 es un acero templado con elevada dureza (50-52HRC). Es un acero con alta resistencia al desgaste y a la compresión en caliente. También tiene buena conductividad térmica y buena estabilidad dimensional al templado. Realizando un revestimiento galvánico, (como por ejemplo un niquelado) este acero puede soportar la inyección de materiales químicamente agresivos y plásticos abrasivos.

El acero 2711 es un acero de alta tenacidad y resistencia a la compresión, óptimas propiedades de pulido. En estado de suministro se puede nitrurar; acero apto para cromado duro y temple con soplete, con capacidad de texturizado. Sus aplicaciones son moldes de inyección y de prensado de tamaños elevados con altas exigencias mecánicas y térmicas. Se recomienda no templar y revenir hasta que se haya realizado el desbaste en grandes dimensiones.

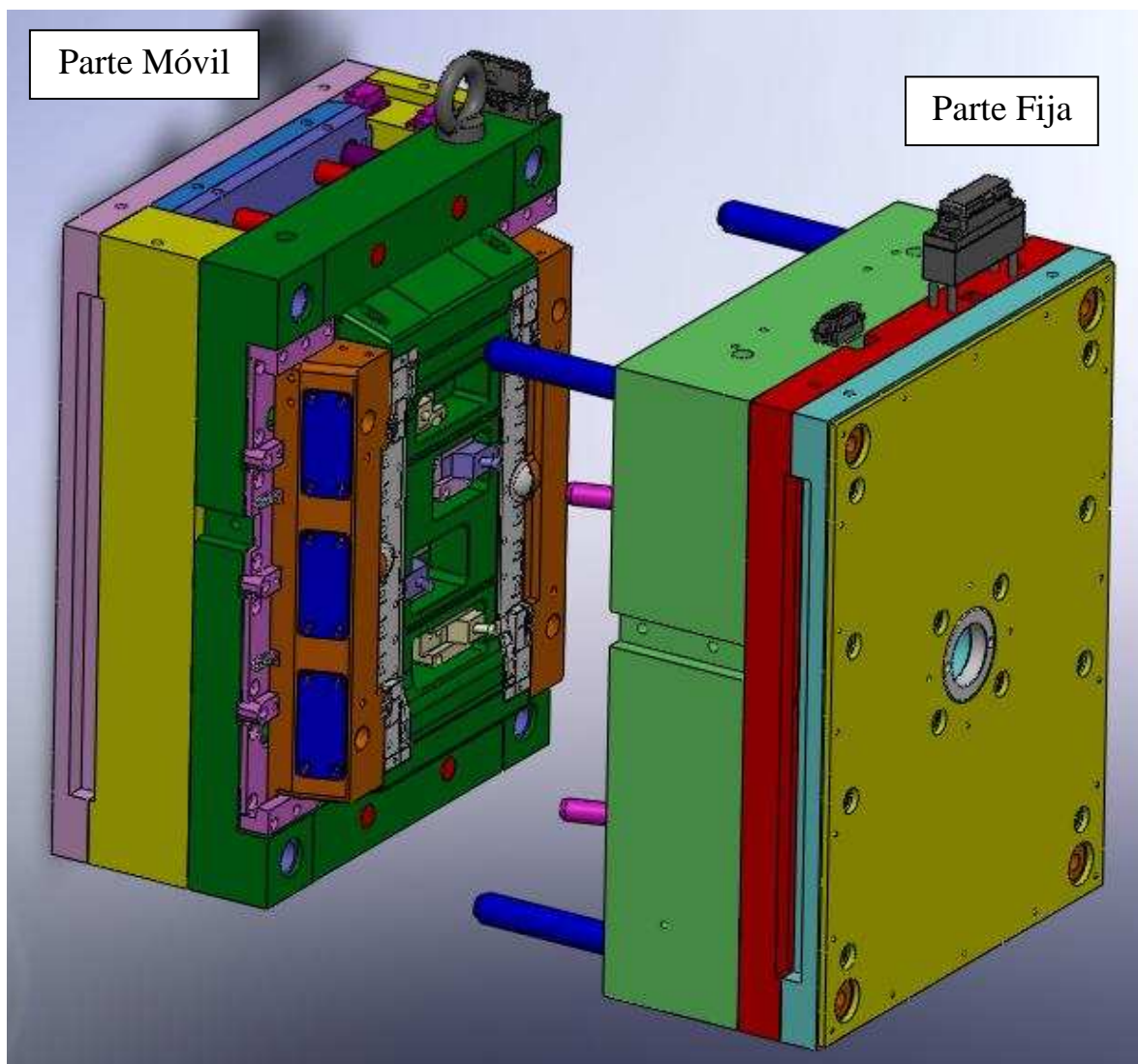
- Piezas en contacto con la pieza inyectada. Ya que estas piezas las son las partes del molde que más sufren, hay que hacerlas con un acero de calidad y con una elevada dureza. Estas piezas son la placa macho, placa cavidad, correderas, postizos de la cavidad, movimiento cavidad y las cuñas. Para estas piezas se ha escogido el acero 2711. Como ya se ha comentado este acero tiene una gran dureza, además de tener alta resistencia al desgaste y a la compresión en caliente. Una vez mecanizadas todas las cuñas, se le realizará un tratamiento de templado revenido y nitrurado para elevar su dureza y resistencia al desgaste.
- Regles y deslizaderas. Como ya se ha explicado en apartados anteriores, saber elegir el acero para cada parte del molde es muy importante, y este caso también lo es ya que son unas piezas muy importantes del molde. Se tienen que hacer de un acero que sea capaz de aguantar la presión y torsiones a las que son sometidas. Por esta razón estas piezas están hechas con el acero 2311. Una vez mecanizadas estas piezas, se les realizará un tratamiento de nitrurado, para elevar su dureza y resistencia al desgaste.
- Placa aislante. Su principal finalidad es aislar la cámara caliente para que no tenga pérdidas de calor. Con lo cual esta placa estará fabricada de fibra de vidrio aislante para tal efecto.
- Resto de piezas. Todas las demás piezas no comerciales, se fabricarán en acero 1730. Dado que el resto de las piezas no van a soportar grandes esfuerzos, este acero es muy interesante dadas sus prestaciones y su bajo coste en comparación al resto de aceros.

- Otros. Las guías del molde y los casquillos vienen normalizados y están fabricados con acero 1.7264, y un tratamiento de cementación. Igualmente los expulsores vienen normalizados fabricados con acero 2344 y nitrurados, que solo hay que ajustar a las medidas deseadas. Por últimos todos los tornillos Allen vienen normalizados DIN 912.

## 7.- DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES PIEZAS DEL MOLDE

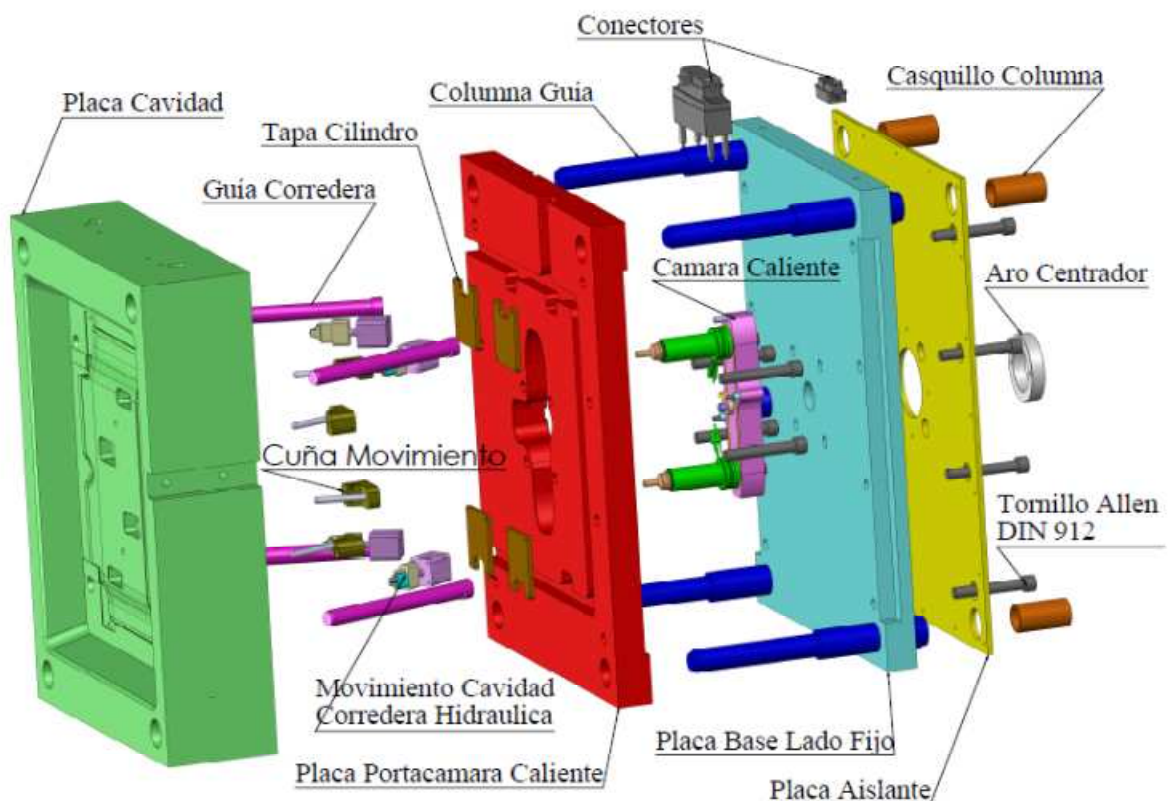
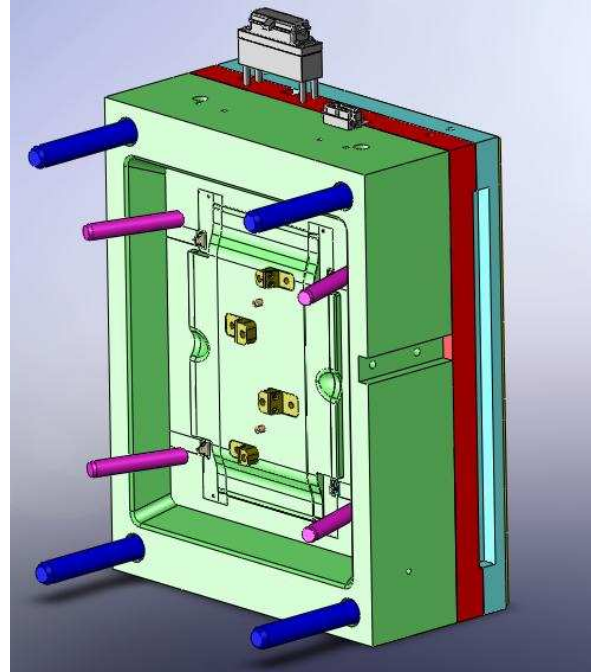
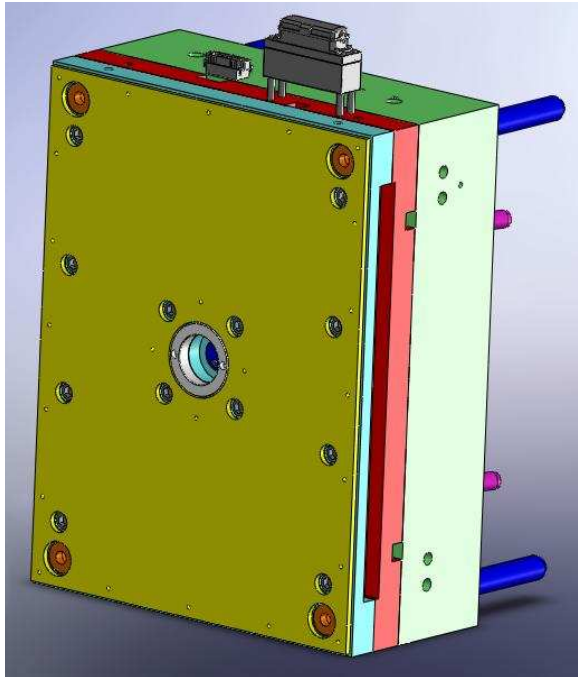
En este apartado se van a identificar todas las piezas que forman el conjunto del molde. Se describirá su función, el tipo de material elegido, su composición, propiedades y tratamientos a los que se le somete.

Los moldes están formados por dos mitades llamadas: Parte fija o de inyección y parte móvil o de expulsión.



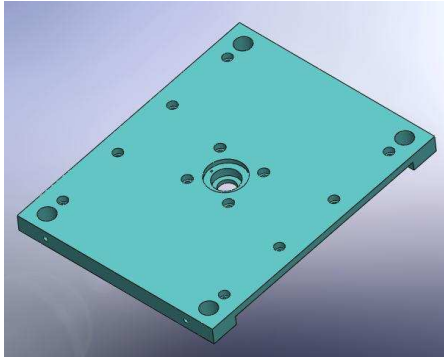
## 7.1.- Parte fija o de inyección

Llamada así porque es la parte del molde que no se mueve cuando la máquina de inyectar realiza todos sus movimientos. Está sujeta al plato de la máquina fijo, y es donde apoya el cilindro de inyección de la máquina, para introducir en el molde el plástico fundido. O sea es el que está más cerca del grupo inyección, (de ahí el segundo nombre).





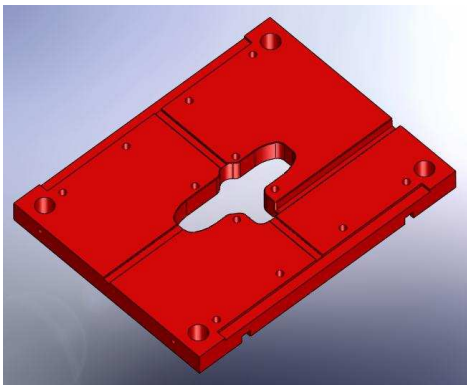
### 7.1.1.- Placa base lado fijo



Es la placa a la cual se podrá sujetar mediante bridas al plato fijo de la máquina. Por medio de tornillos Allen, se amarrará a ésta el resto de placas del lado fijo. Su grosor será lo suficiente como para evitar deformaciones. Éste grosor dependerá del peso total del molde, en este caso es de 56 mm.

Sus dimensiones son 896 x 696 x 56 mm. Está construida en acero 1730 (F 114).

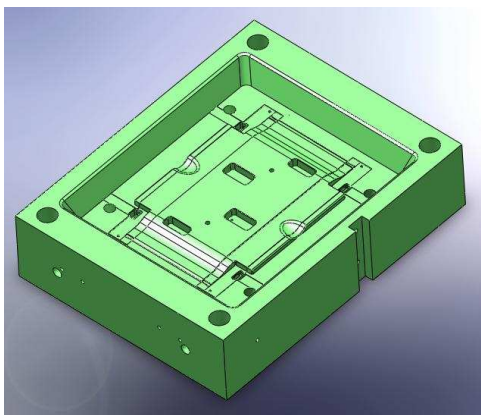
### 7.1.2.- Placa porta cámara caliente



Como su nombre indica, es la placa en la cual va alojada la cámara caliente, en un hueco interior preparado para tal efecto.

Sus dimensiones son 896 x 696 x 66 mm. Está construida en acero 1730 (F114).

### 7.1.3.- Placa cavidad

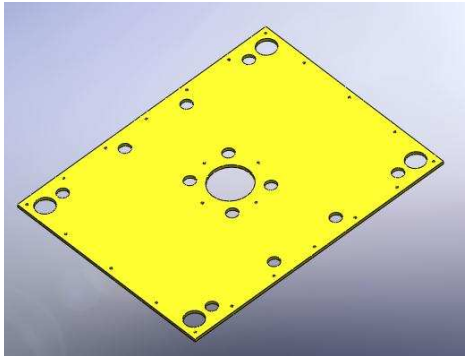


Es una de las dos placas donde se realizan las figuras de la pieza a inyectar. En éste caso es la placa hembra de la cavidad de la pieza a inyectar. Es una de las dos placas más complicadas de mecanizar, junto con la placa macho, debido a que sobre ésta placa va gravado a modo de negativo la pieza a inyectar.

Como está en contacto con la pieza será de un mejor material, acero 2711.

Sus dimensiones son 896 x 696 x 210.

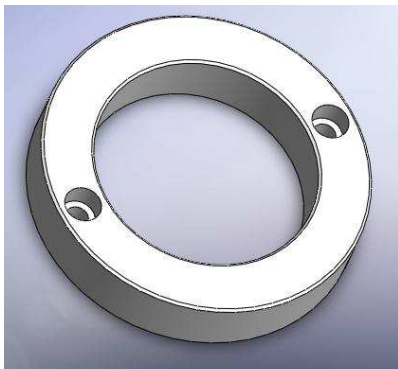
### 7.1.4.- Placa aislante



Es la placa que va entre la placa base y la placa porta cámara caliente. Su función es aislar el calor que desprende la cámara caliente, por esto mismo está fabricada en fibra de vidrio aislante, y mecanizada normalmente en una fresadora.

Sus dimensiones son 896 x 686 x 10 mm.

### 7.1.5.- Aro centrador



El centrador como su nombre indica sirve para centrar el molde a la máquina inyectora. Es redondo y sobresale de la placa base. Lo que sobresale de la placa base entra ajustadamente en el plato fijo de la máquina inyectora. Así una vez centrado el molde, la boquilla de inyección de la máquina coincide con el orificio por donde tiene que entrar el plástico fundido en el molde.

Está fabricada en acero 1730.

Sus dimensiones son Ø 125 x 35 mm

### 7.1.6.- Bebedero



El bebedero de inyección es una pieza cilíndrica con un orificio tronco cónico que está colocado en la parte fija del molde. Permite el paso del flujo del material procedente de la boquilla de la máquina de inyección hacia la cámara caliente, los canales y cavidades del molde, al cerrar la máquina.

Como está en contacto con el plástico caliente será de un mejor material, acero 2711.

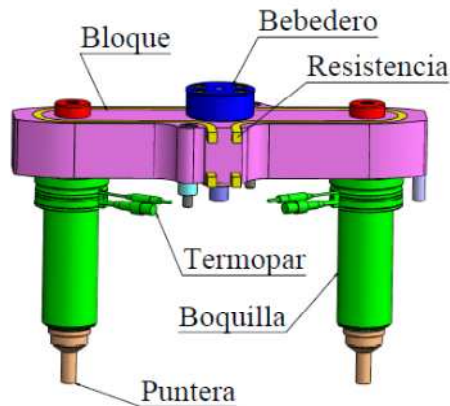
Sus dimensiones son Ø 56 x 23 mm



### 7.1.7.- Cámara caliente

Este dispositivo se usa generalmente cuando la pieza es grande, de paredes pequeñas y su inyección es compleja y complicada, como es el caso de la pieza a inyectar de este proyecto.

También es obligatorio su uso cuando el molde es de muchas cavidades y requiere un llenado uniforme, cosa que con la inyección convencional no se conseguiría.



Sus partes principales son, el bloque, boquillas y punteras. Lleva 3 resistencias, una en el bloque, y otra en cada boquilla, con sus correspondientes termopares. El termopar es un sistema eléctrico que mide la temperatura de la resistencia. Todo esto va con un cableado y un enchufe rápido, para que se conecte a la máquina inyectora.

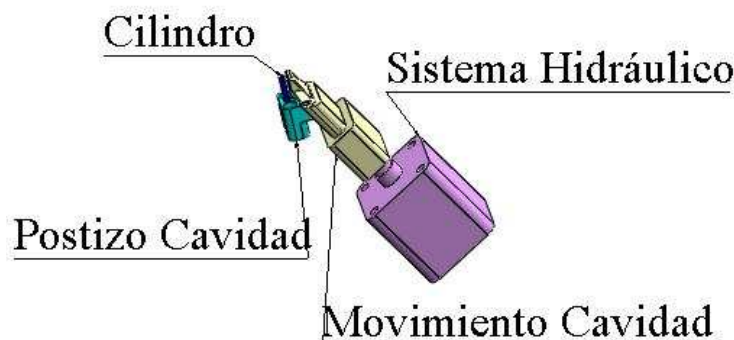
Su funcionalidad es mantener caliente el plástico fundido hasta que entra en la cavidad del molde, para así conseguir que fluya mejor en el llenado de la pieza a inyectar.

### 7.1.8.- Movimiento cavidad, corredera hidráulica

Debido a unas cavidades de difícil acceso, el molde lleva cuatro correderas hidráulicas. Estas correderas constan de varias partes: el sistema hidráulico, postizo cavidad, el cilindro y el movimiento cavidad.

La pieza postizo cavidad está mecanizada en corte por hilo, y está fabricada en acero 2711. Sus dimensiones son 28 x 26 x 20 mm.

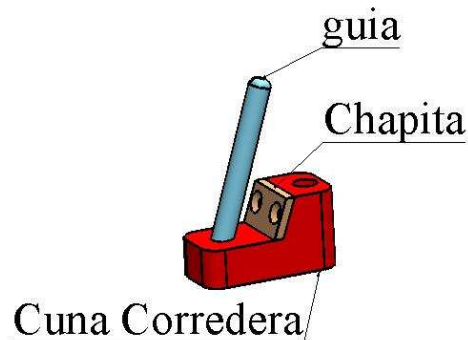
La pieza movimiento cavidad está mecanizada por corte por hilo y electroerosión, y está fabricada en acero 2711. Sus dimensiones son 72 x 45 x 20 mm.



### 7.1.9.- Cuña movimiento

Son correderas accionadas mecánicamente, con los movimientos del molde. Su función es realizar cavidades de la pieza. Precisa de 2 correderas de este tipo por cada pieza a inyectar, con lo que el molde lleva 4. Esta es la parte fija de la corredera, que va amarrada a la parte fija del molde. Por medio de la guía mueve la otra parte de la corredera, que es la que realiza el hueco en la pieza inyectada.

Sus dimensiones son 75 x 50 x 30 mm. Su material es acero 2711

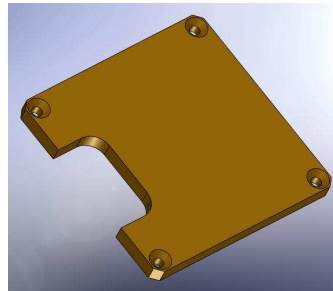


### 7.1.10.- Tapa cilindro

Es la tapa que va amarrada a la placa cavidad. La función de estas tapas, es tapar el hueco del cilindro hidráulico para que este no sufra daños.

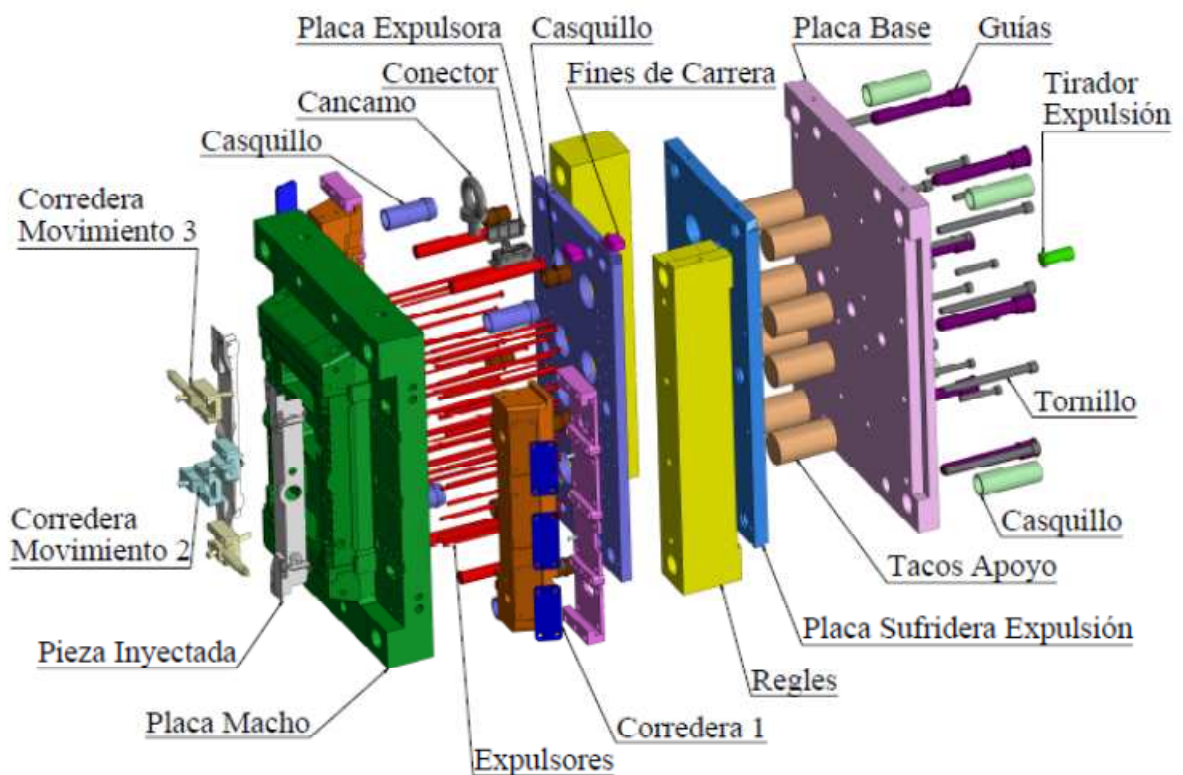
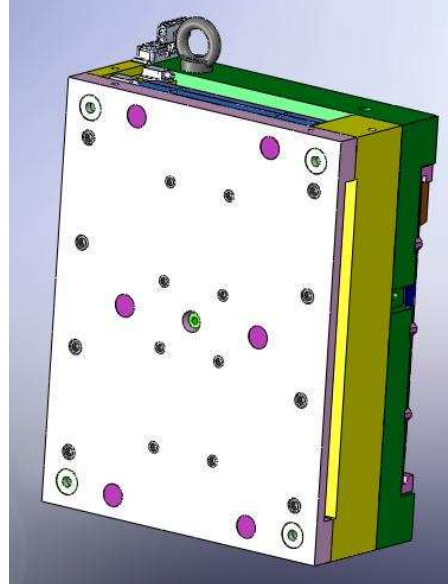
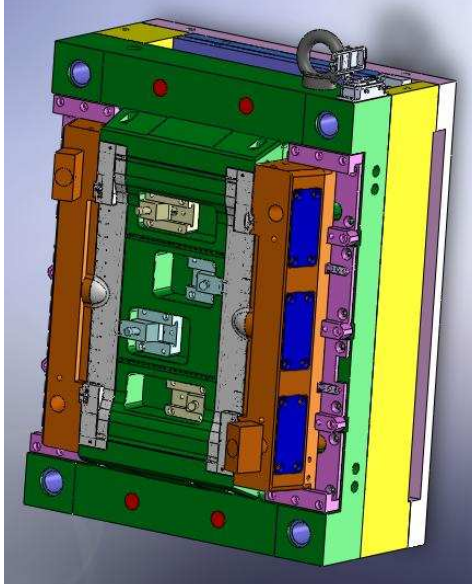
Está fabricada en acero 1730.

Sus dimensiones son 115 x 110 x 8 mm.

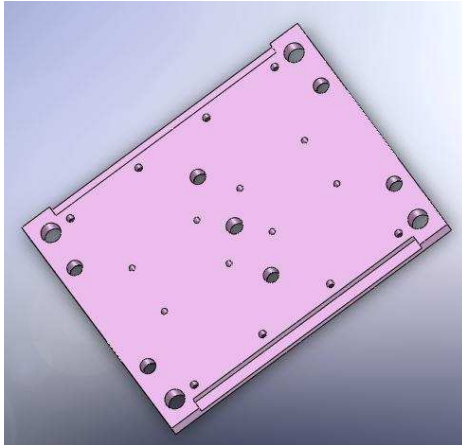


## 7.2.- Parte móvil o de expulsión

Llamada así porque es la parte que está sujeta al plato móvil de la máquina y solidariamente con esta se mueve. También es donde está el sistema de expulsión de la pieza cuando está terminada.



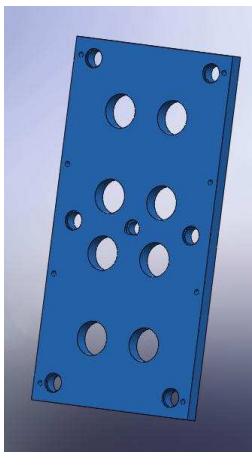
### 7.2.1.- Placa base lado móvil



Al igual que para la parte fija, sirve para su sujeción mediante bridas u otros elementos de fijación al plato móvil de la máquina de inyectar. A diferencia de la anterior, esta placa normalmente no lleva centrador, pero lleva un orificio en su parte central que permite la entrada del vástago expulsor de la máquina, hasta la placa expulsora del molde, para así accionar todo el sistema de expulsión.

Sus dimensiones son 896 x 696 x 56 mm.  
Construida en acero 1730 (F114).

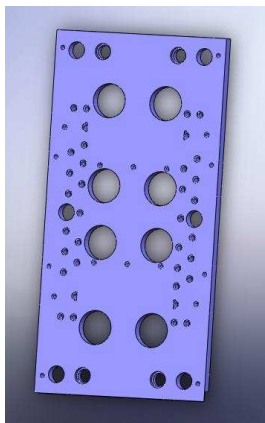
### 7.2.2.- Placa sufridera expulsión



Esta placa junto a la placa expulsora son las que llevan los expulsores y guías de retroceso. Va flotante y guiada en un determinado espacio, dentro de esta mitad de molde, y cuya misión consiste en empujar los expulsores y guías de retroceso. De esta forma se extrae la pieza cuando el vástago de expulsión de la máquina hace presión sobre esta misma placa.

Sus dimensiones son 896 x 696 x 36 mm. Construida en acero 1730 (F114).

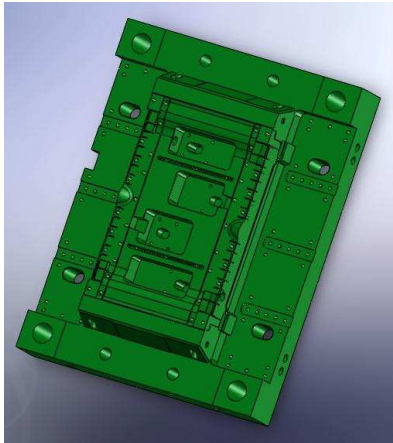
### 7.2.3.- Placa expulsora



Es una de las placas que llevan los expulsores y guías de retroceso, exactamente esta placa está entre la placa sufridera de expulsión y la placa macho. Va flotante y guiada en un determinado espacio, dentro de esta mitad de molde, y cuya misión consiste en guiar los expulsores y guías de retroceso. Dicho recorrido va entre los fines de carrera del molde.

Sus dimensiones son 896 x 696 x 27 mm. Construida en acero 1730 (F114).

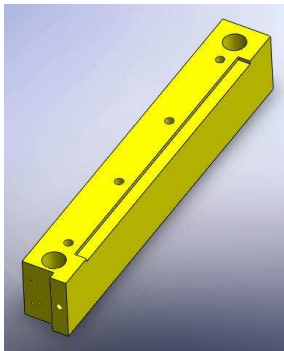
### 7.2.4.- Placa macho



Es una de las placas donde se realizan las figuras de la pieza, exactamente en la parte fija del molde. Junto a la placa cavidad, es la placa más difícil de fabricar. Estas placas figuras, uno será hembra y otro macho. En este caso es el macho, también llamado punzón.

Como está en contacto con la pieza será de un mejor material, acero 2711. Sus dimensiones son 896 x 696 x 196.

### 7.2.5.- Regles

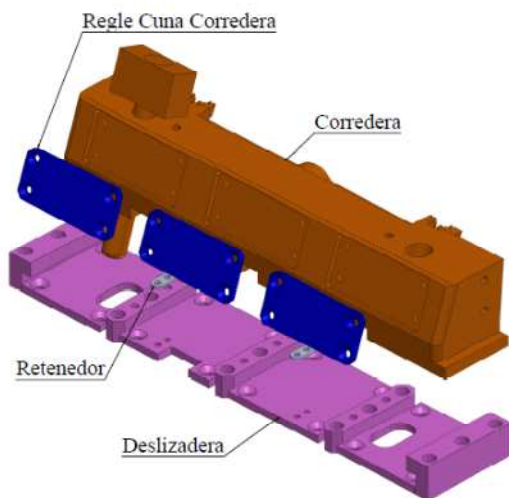


Son gruesos de acero 1730, puestos a ambos lados del molde, sujetos a la placa base y placa macho mediante tornillos, creando un hueco central entre estas dos placas, por donde se deslizará mediante guías la placa expulsora y la placa sufridera de expulsión.

Sus dimensiones son 896 x 156 x 120 mm.

### 7.2.6.- Corredera movimiento 1

Puestos a ambos lados del molde, son una de las placas donde se realizan las figuras de las piezas. La deslizadera se sujeta mediante tornillos a la placa macho, amarrando de este modo todo el conjunto. Permitiendo así que la corredera se deslice por medio de esta pieza.



Esta corredera se abrirá con cada ciclo para que la pieza inyectada pueda ser expulsada del molde con más facilidad. Consta de varias piezas como de regle cuna corredera, deslizadera, retenedor y corredera.

Debido a que son unas de las piezas que más sufren, ya que está en contacto con la pieza inyectada, se fabricará todo el conjunto en acero 2311 con un tratamiento de nitrurado, excepto la pieza corredera que se fabricará en acero 2711.

Sus dimensiones totales son 648 x 125 x 110 mm.



### 7.2.7.- Expulsores

Son de forma cilíndrica. Situadas en un extremo a la placa sufridera de expulsión y el otro formando parte de la superficie de molde en contacto con el plástico, hace de trasmisor directo, en la extracción de la pieza de la cavidad del molde donde se aloja.

Los expulsores utilizados son del catalogo comercial Eldracher S.L., los 46 expulsores escogidos son los siguientes:

- Expulsor Ø 6 x 290, tipo A, acero 2344 Nitrurado. (6 expulsores)
- Expulsor Ø 6 x 245, tipo A, acero 2344 Nitrurado. (4 expulsores)
- Expulsor Ø 10 x 315, tipo A, acero 2344 Nitrurado. (12 expulsores)
- Expulsor Ø 10 x 301, tipo A, acero 2344 Nitrurado. (24 expulsores)



### 7.2.8.- Guía de retroceso



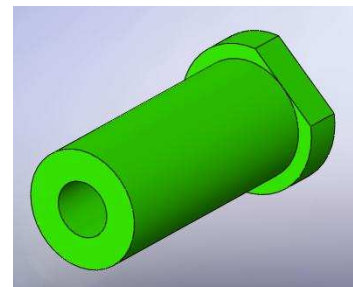
Tiene forma de expulsor, pero con un diámetro mucho mayor. Su función no es la de expulsar, sino la de un sistema de seguridad de este. Para evitar, si se cierra el molde con los expulsores fuera, generalmente por un fallo humano, que se claven los expulsores en la placa cavidad el molde. Si esto se produce, las guías de retroceso pararían el golpe y llevarían a los expulsores a su sitio.

Las guías de retroceso utilizadas son del catalogo comercial Eldracher S.L., las 4 guías de retroceso elegidas son de Ø 32 x 240, tipo A, acero 2344 Nitrurado.

### 7.2.9.- Tirador de expulsión

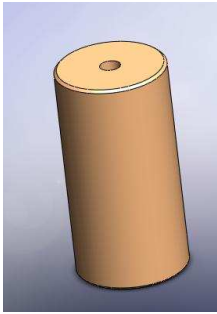
Esta pieza cilíndrica va atornillada por uno de sus extremos a la máquina inyectora, y por el otro está en contacto con la placa sufridera de expulsión. De esta forma la máquina inyectora acciona el sistema de expulsión empujando esta pieza. Tan solo necesita 1 de esta pieza para su funcionamiento.

Sus dimensiones son Ø 40 x 80 mm. Fabricado en acero 1730.





### 7.2.10.- Tacos Apoyo

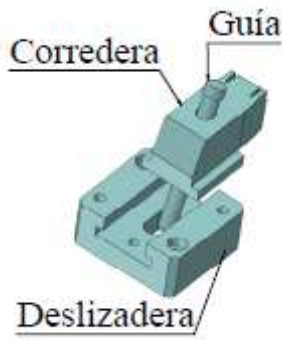


Estos tacos están entre la placa macho y la placa base. De esta forma asienta la placa macho en la placa base, dando más consistencia y evitando deformaciones, de ahí su nombre tacos de apoyo. El molde lleva 8 de estos tacos.

Sus medidas son  $\varnothing 80 \times 156$  mm. Fabricado en acero 1730.

### 7.2.11.- Corredera movimiento 2

Son correderas accionadas mecánicamente, con los movimientos del molde. Su función es realizar cavidades de la pieza. Precisa de 2 correderas de este tipo por cada pieza a inyectar, con lo que el molde lleva 4. Estas correderas constan de deslizadera, guía y corredera.



La pieza corredera está mecanizada por electroerosión, y está fabricada en acero 2711. Sus dimensiones son  $82 \times 48 \times 43$  mm.

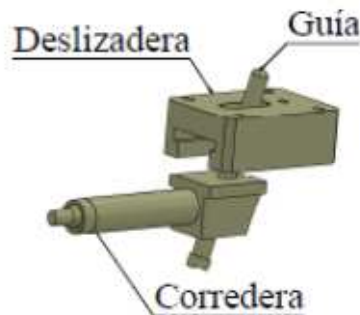
La pieza deslizadera está fabricada en acero 2311 con un tratamiento superficial de nitrurado, y está amarrada a la placa macho. Sus dimensiones son  $86 \times 80 \times 35$  mm.

### 7.2.12.- Corredera movimiento 3

Son correderas accionadas mecánicamente, con los movimientos del molde. Su función es realizar cavidades de la pieza. Precisa de 2 correderas de este tipo por cada pieza a inyectar, con lo que el molde lleva 4. Estas correderas constan de deslizadera, guía y corredera.

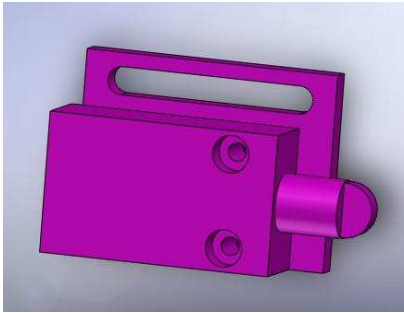
La pieza corredera está mecanizada por electroerosión, y está fabricada en acero 2711. Sus dimensiones son  $171 \times 43 \times 37$  mm.

La pieza deslizadera está fabricada en acero 2311 con un tratamiento superficial de nitrurado, y está amarrada a la placa macho. Sus dimensiones son  $100 \times 70 \times 38$  mm.



### 7.2.13.- Fines de carrera

Es el dispositivo en el cual el molde avisa a la máquina inyectora de la posición de inicio o final de recorrido de los expulsores. Este dispositivo es un elemento de seguridad del funcionamiento del molde. Para ello necesita dos de estos dispositivos, uno para marcar el comienzo y otro para el final.



Consta de varios elementos como la pletina y la pestaña. La pletina está fabricada en acero 1730.

Sus medidas son 55 x 42 x 5mm.

## 7.3.- Elementos comerciales

Son todos los elementos que no hay que fabricar, estos elementos se compran a proveedores, por eso se denominan comerciales. Aquí describo los mas importantes.

### 7.3.1.- Columnas guía

Como dice su nombre son unas columnas para guiar. Aseguran un perfecto acoplamiento o movimiento de las partes que guían. Este molde necesita de varios tipos de columnas. Todas estas columnas son del catalogo comercial Eldracher.

- Columnas GC2S 42 x 195 x 246. Necesita 4 columnas guías situadas en las 4 esquinas del molde, que son las columnas guías de las dos partes del molde.



- Columnas GCS 30 x 42 x 325. Son necesarios 6 columnas para guiar el sistema de expulsión.



- Columnas GBE 12 x 115. Estas columnas son para guiar el movimiento corredera 2. Necesita 2 columnas, una para cada corredera.

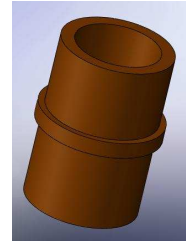
- Columnas GBE 12 x 140. Estas columnas son para guiar el movimiento corredera 3. Necesita 2 columnas, una para cada corredera.



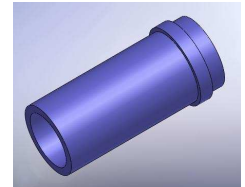
### 7.3.2.- Casquillos

Son piezas cilíndricas que ajustan perfectamente en la placa donde van posicionadas, y por dentro de ésta deslizan las columnas guías. Estas columnas y casquillos deben ajustarse a la presión en las placas del molde. Se ha elegido para los casquillos un ajuste H7-k6 con respecto a la placa donde van posicionadas. Todos estos casquillos son del catalogo comercial Eldracher.

- Casquillo Bronce Grafito BR13W 32 x 36. Posicionado entre la placa expulsora y la placa sufridera expulsión, por este casquillo pasan las columnas guía del sistema de expulsión, con lo que necesita 6 casquillos el molde.



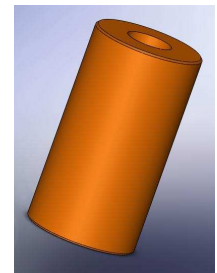
- Casquillo CV2S 42 x 115 (BR-10). Posicionado en la placa macho para que pase por este las columnas guías del molde, con lo que se necesitan 4 casquillos en el molde.



- Casquillo CC2S 54 x 160. Posicionado entre la placa base y los regles, por este pasa las columnas guía del molde, con lo que se necesitan 4 casquillos en el molde.

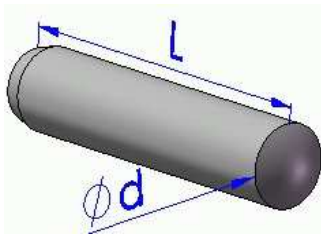
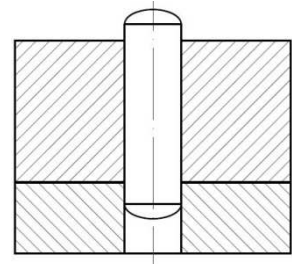


- Casquillo CC2S 54 x 100. Posicionado entre la placa base y la placa porta cámara caliente, por este pasa las columnas guía del molde, con lo que se necesitan 4 casquillos en el molde.



### 7.3.3.- Pasadores

Es un tipo de fijación mecánica desmontable. Este elemento de fijación presenta una forma maciza cilíndrica, con o sin cabeza, cuyos extremos pueden ser: planos, cónicos y abombados, para facilitar la inserción en un orificio común a varias piezas, permitiendo su unión en una posición fija, así como un posicionamiento preciso.



Su bajo coste y el ser un elemento de unión fácilmente desmontable, le confiere un gran uso en el campo industrial. Dimensiones y características generales están descritos en las normas ANSI Standard B18.8.2. En este molde, todo donde va atornillado primeramente se posiciona por medio de pasadores.

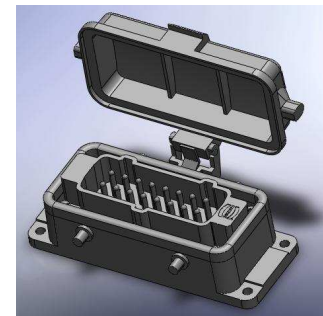
### 7.3.4.- Cáncamos

El molde posee en todas sus placas agujeros roscados de orificio suficiente para el enroscado de los cáncamos, que serán utilizados en el manejo o movimientos de las diferentes piezas por el taller (polipastos o puente grúa). Al igual poseerá agujeros roscados de tal forma que con cáncamos adecuados y con puente grúa pueda ponerse el molde o semimoldes en máquina de forma vertical.



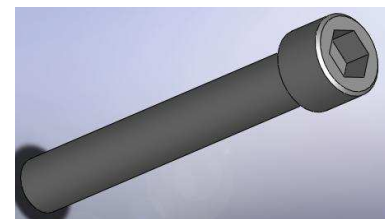
### 7.3.5.- Conector NV 3/8

Este dispositivo se utiliza para controlar diferentes parámetros, como la temperatura de la cámara caliente, o para realizar diferentes movimientos, como la corredera hidráulica, o para que operario pueda saber a tiempo real, que es lo que está pasando en el molde, en la pantalla del cuadro de mandos de la máquina inyectora.



### 7.3.6.- Tornillos

Estos elementos de fijación suelen ser tornillos allen DIN 912, de diferentes longitudes y métricas. Los tornillos permiten que las piezas sujetas con los mismos puedan ser desmontadas cuando la ocasión lo requiera.



## 8.- ESTUDIO DE LLENADO POR ELEMENTOS FINITOS

### 8.1.- Introducción

Como hemos visto hasta aquí, son casi infinitos los aspectos y parámetros que influyen en la definición correcta de un molde y su alimentación, condición indispensable para obtener una pieza final que cumpla las condiciones previstas. Aún cuando la experiencia e intuición personal nos pueden permitir diseñar un molde correcto, parece razonable, dados los límites de tiempo, costo y calidad que nos imponen las condiciones del mercado actual, aprovecharnos de las ayudas que nos ofrecen unas tecnologías suficientemente probadas como programas para realizar simular el llenado por elementos finitos, llamado moldflow.

### 8.2.- Programa Moldflow

El método de los elementos finitos (MEF o FEM en inglés) es un método numérico muy general para la resolución de ecuaciones diferenciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y física. El método se basa en dividir el cuerpo, estructura o dominio (medio continuo) sobre el que están definidas ciertas ecuaciones integrales que caracterizan el comportamiento físico del problema en una serie de subdominios no intersectantes entre sí, denominados elementos finitos.

El conjunto de elementos finitos forma una partición del dominio también denominada discretización. Dentro de cada elemento se distinguen una serie de puntos representativos llamados nodos. Dos nodos son adyacentes si pertenecen al mismo elemento finito, además un nodo sobre la frontera de un elemento finito puede pertenecer a varios elementos, el conjunto de nodos considerando sus relaciones de adyacencia se llama malla. Los cálculos se realizan sobre una malla o discretización creada a partir del dominio con programas especiales llamados generadores de mallas, en una etapa previa a los cálculos que se denomina preproceso.

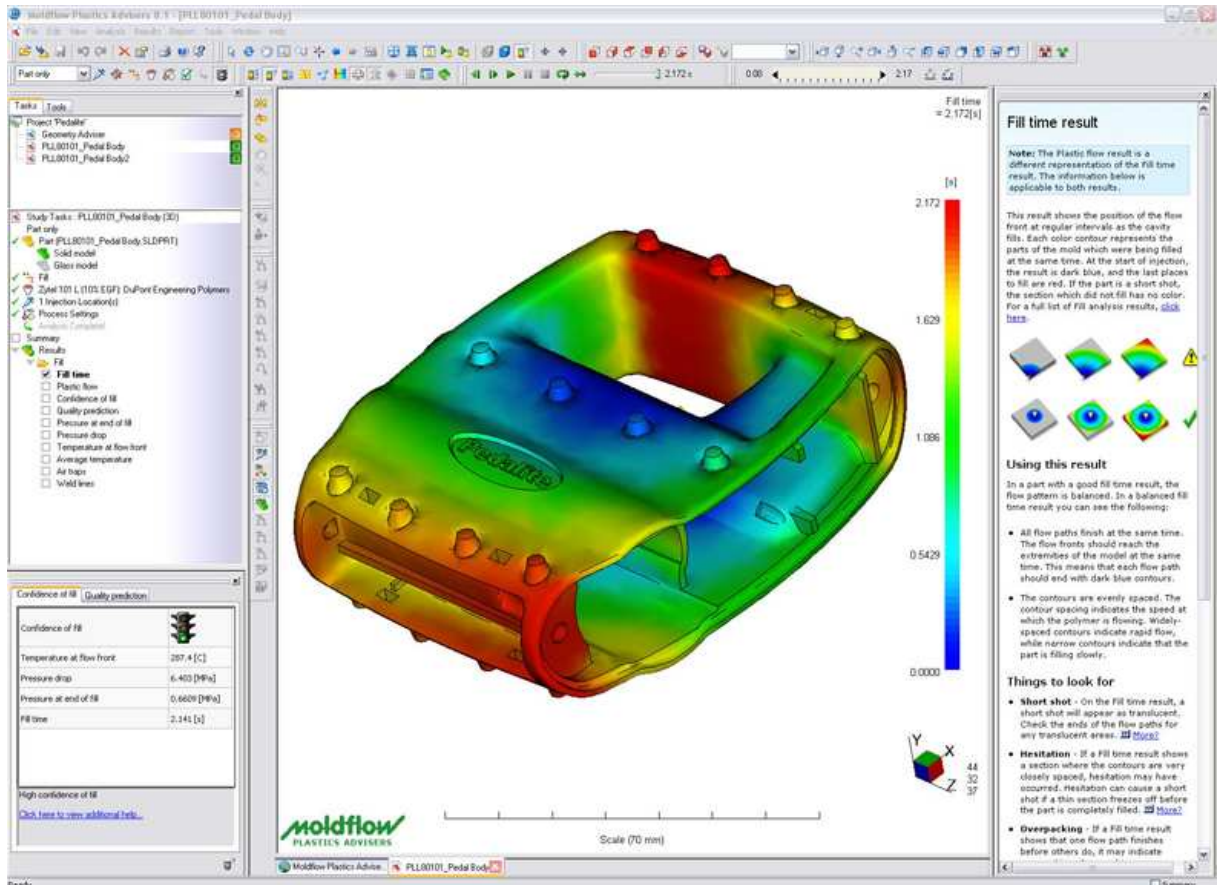
De acuerdo con estas relaciones de adyacencia o conectividad se relaciona el valor de un conjunto de variables incógnitas definidas en cada nodo y denominadas grados de libertad. El conjunto de relaciones entre el valor de una determinada variable entre los nodos se puede escribir en forma de sistema de ecuaciones lineales (o linealizadas), la matriz de dicho sistema de ecuaciones se llama matriz de rigidez del sistema. El número de ecuaciones de dicho sistema es proporcional al número de nodos.

Típicamente el método de los elementos finitos, se programa computacionalmente para calcular el campo de desplazamientos, y posteriormente a través de relaciones cinemáticas y constitutivas las deformaciones y tensiones respectivamente, cuando se trata de un problema de mecánica de sólidos deformables o más generalmente un problema de mecánica de medios continuos.

El método de los elementos finitos es muy usado debido a su generalidad y a la facilidad de introducir dominios de cálculo complejos (en dos o tres dimensiones). Además el método es fácilmente adaptable a problemas de difusión del calor, de mecánica de fluidos para calcular campos de velocidades y presiones (fluidodinámica CFD) o de campo



electromagnético. Dada la imposibilidad práctica de encontrar la solución analítica de estos problemas, con frecuencia en la práctica ingenieril los métodos numéricos, y en particular los elementos finitos se convierten en la única alternativa práctica de cálculo. Una importante propiedad del método es la convergencia, si se consideran particiones de elementos finitos sucesivamente más finas la solución numérica calculada converge rápidamente hacia la solución exacta del sistema de ecuaciones.



En la foto adjunta, vemos un ejemplo de un programa de moldflow en el cálculo de una pieza de plástico.

### 8.2.1.- Objetivos del estudio de llenado por moldflow

Los objetivos básicos son:

- Equilibrado de los flujos. Todas las zonas del molde llenan al mismo tiempo.
- Flujo en una dirección. La dirección del flujo no debe variar bruscamente.
- Tiempo de enfriamiento uniforme. Las temperaturas en la cavidad deben ser razonablemente constantes.
- Calentamiento controlado por rozamiento. Los canales de alimentación deben diseñarse de tal manera que la masa fundida sea calentada mientras discurre por ellos.



Estos objetivos pueden conseguirse con:

- Cuidadosa elección del número y posición de los puntos de alimentación.
- Correcto dimensionado de los canales de alimentación.
- Uso de líderes de flujo y deflectores. Los líderes de flujo son aumentos localizados del espesor que estimulan los flujos, mientras los deflectores son restricciones de grosor que los dificultan.
- Establecimiento de las condiciones del moldeo. Flujos más rápidos o más calientes estimulan flujos preferenciales en las secciones más delgadas.

Los análisis de llenado permiten experimentar con varias configuraciones y obtener los objetivos deseados.

### **8.2.2.- Elementos necesarios para un estudio de llenado**

El modelo de elementos finitos debe ser realizado con suficiente precisión para que defina claramente la forma, cambios de espesor, nervaduras, contrasalidas relevantes, etc. Tómese en cuenta las siguientes consideraciones:

#### **8.2.2.1.- Tamaño de la malla**

La malla usada para superficies que tengan amplios cambios en espesor debe ser suficientemente detallada como para que permita detectar oclusiones de aire. El aire atrapado puede formarse en las secciones más delgadas debido a que el plástico ralentiza en esta parte y es atrapado por el flujo de la sección de más espesor. Además si existen agujeros deberá permitir detectar la formación de líneas de unión. Las líneas de unión se formarán cuando uno o varios flujos rodeen un agujero y vuelvan a encontrarse.

#### **8.2.2.2.- Forma de los elementos**

Idealmente cada elemento debería formar un triángulo equilátero. Como regla general, el cociente del lado mayor y la altura deberían ser menor de 6:1. Deben evitarse elementos largos y delgados, particularmente cuando la presión, temperatura y velocidad del flujo puede variar rápidamente, por ejemplo en la zona de los puntos de inyección.

#### **8.2.2.3.- Información necesaria**

- Del material: Nombre, conductividad, calor específico, densidad, temperatura de solidificación, temperatura de no flujo y viscosidad expresada entre 200° y 260°C y relacionada con el coeficiente de cizallamiento.
- Temperatura del molde: fija o variable si se ha realizado ya una primera simulación de enfriamiento.
- Temperatura de la masa fundida
- Tiempo de inyección o caudal

## 8.3.- Resultados del estudio de llenado

### 8.3.1.- Análisis de llenado

Ahora realizamos el análisis de llenado y compactado. Se trata de ver que parámetros describe el flujo durante estos procesos. Así, podemos predecir el comportamiento del plástico. Al acabar el análisis el programa nos muestra un informe de todos los resultados obtenidos. Los más destacables los tenemos a continuación.

Tabla en la fase de llenado

TIEMPO segundo	VOLUMEN %	PRESIÓN Mpa	F. CIERRE tonelada	CAUDAL cm3/s	ESTADO
0,09	2,92	5,85	0,15	107,31	V
0,15	4,59	14,89	1,32	87,75	V
0,23	8,53	20,12	2,26	114,38	V
0,30	13,26	22,18	3,30	118,70	V
0,38	18,15	23,37	4,37	120,58	V
0,45	23,17	24,13	5,28	121,57	V
0,53	28,40	24,70	6,18	121,89	V
0,61	33,47	25,20	7,07	122,05	V
0,68	38,29	25,68	7,99	122,06	V
0,75	43,06	26,18	8,97	122,11	V
0,83	48,14	26,72	10,14	122,25	V
0,91	53,06	27,28	11,61	122,34	V
0,98	57,92	27,80	12,92	122,47	V
1,05	62,32	28,25	14,14	122,56	V
1,13	67,38	28,85	15,90	122,50	V
1,20	72,21	29,45	17,70	122,64	V
1,28	77,20	30,09	19,75	122,73	V
1,35	81,71	30,70	21,94	122,79	V
1,43	86,49	31,57	25,69	122,83	V
1,50	91,13	33,22	34,03	122,94	V
1,58	95,24	35,44	45,78	122,91	V
1,65	99,00	38,49	61,67	115,79	V/P
1,65	99,10	38,82	62,48	132,48	V
1,66	99,46	40,00	66,05	132,51	V
1,68	100,00	40,00	87,77	77,94	V
1,68	100,00	40,00	87,89	77,69	LLENADO

**Tabla en la fase de compactación**

<b>TIEMPO segundo</b>	<b>COMPACTACION %</b>	<b>PRESIÓN Mpa</b>	<b>F. CIERRE tonelada</b>	<b>ESTADO</b>
1,78	0,39	40,00	135,25	P
3,59	5,55	40,00	137,44	P
5,34	10,55	40,00	125,01	P
7,09	15,55	40,00	112,01	P
8,84	20,55	40,00	84,99	P
10,59	25,55	40,00	64,28	P
12,34	30,55	40,00	48,12	P
14,09	35,55	40,00	36,66	P
15,84	40,55	40,00	27,32	P

Fases de llenado y compactado:

V: Control de velocidad

P: Control de presión

V/P: Cambio de velocidad a presión

Máxima presión de inyección entre 1,66 s a 17,52 s = 40,00 MPa

Tiempo al final del llenado = 1,68 seg

Tiempo al final de compactación = 15,84 seg

Tiempo de apertura y cierre del molde = 5 seg

Tiempo total = 22,52 seg

Volumen de la pieza: 177,78 cm<sup>3</sup>

Peso total = 160 g

Fuerza de Cierre máxima durante el proceso = 137,44 toneladas

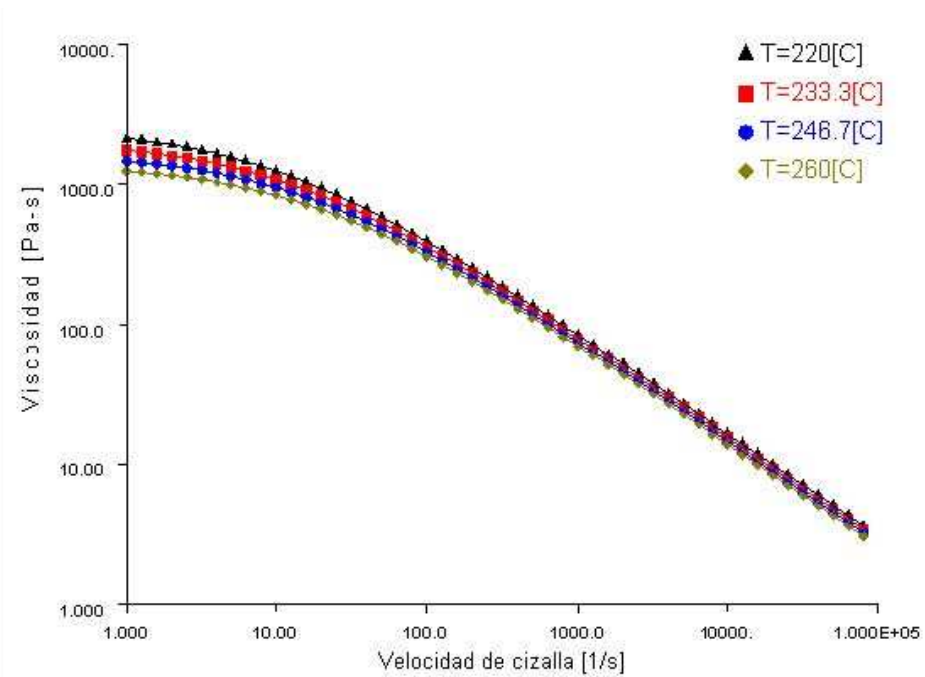
Vistos los resultados podemos sacar las siguientes conclusiones. La inyección se realiza básicamente en dos fases, llenado y compactación. La primera como su palabra dice, es la fase de llenado de la cavidad. Esta se llena con un caudal casi constante en la mayoría del tiempo en alrededor de 122 cm<sup>3</sup>/s, en la que la presión y la fuerza de cierre van aumentando progresivamente, hasta que la pieza está completada.

La otra fase es la que va después del llenado, la compactación. En esta fase el plástico de la pieza inyectada se enfría, aunque no completamente. Por eso mismo la compactación llega hasta un 40% en gráfico, el resto se hará en su enfriamiento fuera de la maquina inyectora. En esta fase la presión es constante en 40 MPa. En esta parte la fuerza de cierre empieza en su máximo de todo el proceso, llegando a las 137,44 toneladas, y va disminuyendo progresivamente hasta las 27, 32 toneladas que es cuando termina todo el proceso de inyección. Todo este proceso dura poco menos de 16 segundos, que sumados a los casi 1,7 segundos del tiempo de llenado dan un total de 17, 52 segundos.

Antes se ha hablado de que el tiempo total de inyección es de unos 34 segundos, y así es. El resto de tiempo que falta hasta ese tiempo, unos 11,5 segundos, es el tiempo que emplea la máquina inyectora en expulsar la pieza y preparase para otra inyección.

### 8.3.2.- Gráfico de viscosidad-velocidad de cizalla-temperatura

Estos valores ayudan a identificar las áreas donde los flujos no avanzan o donde el calor generado por el cizallamiento esté bajando la viscosidad. Son deseables distribuciones uniformes. Un elevado coeficiente de cizallamiento puede causar la degradación del PP perjudicando el aspecto y resistencia de la pieza. Las tensiones de cizallamiento en la cavidad, deben estar siempre por debajo de los 0,250 MPa.



Este gráfico nos da una idea de la rapidez con la que deslizan las capas unas entre otras. Si se produjese demasiado rápido se podrían romper las cadenas del polímero y degradarse el material.

Es una medida de los factores que tienen efecto en el grado de orientación del material fundido contiguo a la capa enfriada. Los materiales orientados tienen a contraerse más que los no orientados, por lo que una gran cantidad de orientación junto al borde de la fusión comparándolo con cerca del centro provocará mayor tensión residual y esto a su vez podría desembocar en la rotura de la pieza durante la expulsión o su uso.

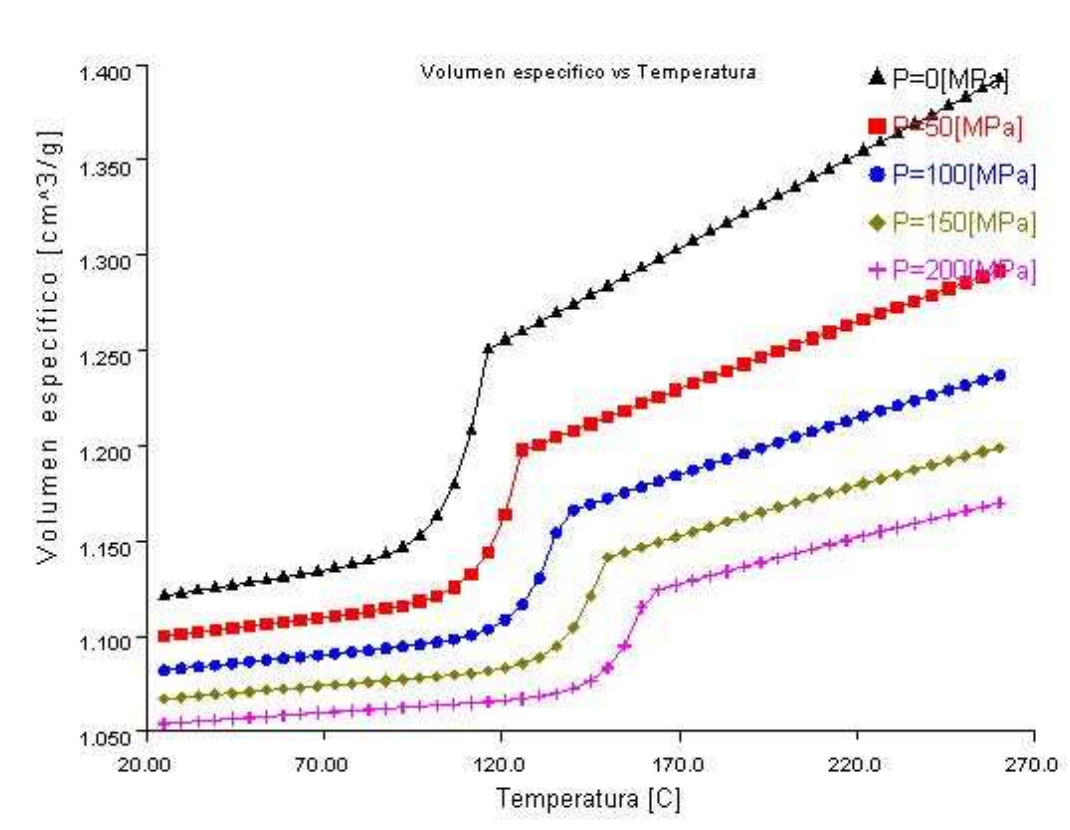
Este resultado indica la fuerza en la interfase sólido-líquido por unidad de área y es proporcional al gradiente de presión en cada punto. Si el polímero fundido es líquido, la interfase está en la pared del molde.

El máximo valor de la tensión de cortadura debe de estar por debajo del recomendado para el material que se use. Si se quiere reducir la tensión en alguna zona se puede aumentar el espesor. Velocidades de inyección bajas pueden disminuir la temperatura, lo que incrementa la viscosidad, lo que a su vez aumenta la tensión de corte. Otra alternativa para disminuir la tensión de cortadura sería cambiar de material a uno menos viscoso.

### 8.3.3.- Grafico PVT

Para hacer este grafico se le ha configurado el programa para entrada submarina, con datos que nos han salido anteriormente como tiempo de llenado 1,7 segundos, temperatura de entrada del material en 240°C, y temperatura del molde en 40°C.

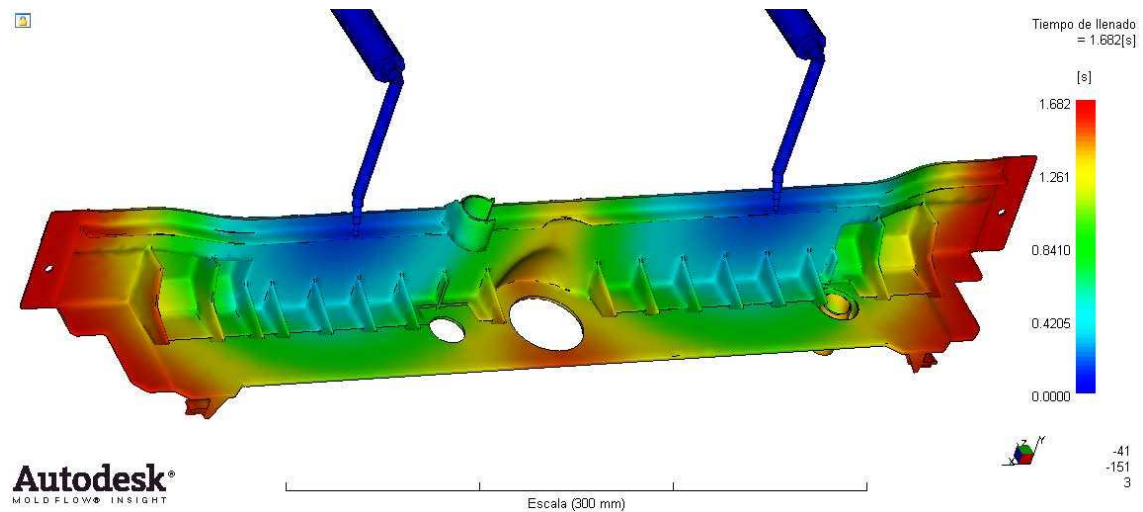
Con estos datos y metiendo diferentes presiones, que van desde 0 MPa hasta 200 MPa, en fracciones de 50 MPa, nos da el siguiente gráfico.



Como podemos observar, el volumen específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ), disminuye al aumentar la presión con respecto a la temperatura, consiguiendo así una mejor fluidez.

### 8.3.4.- Tiempo de llenado

En la representación del dibujo de abajo podemos ver el momento en el que se llena cada parte de la pieza, que va desde 0 segundos en la zona más próxima a los puntos de inyección, hasta los casi 1,7 segundos en las partes más alejadas de este y adonde tarda más en llegar, que se representa en color rojo. Esto nos indica claramente como avanza y se distribuye el frente del flujo de material una vez entra en la pieza.



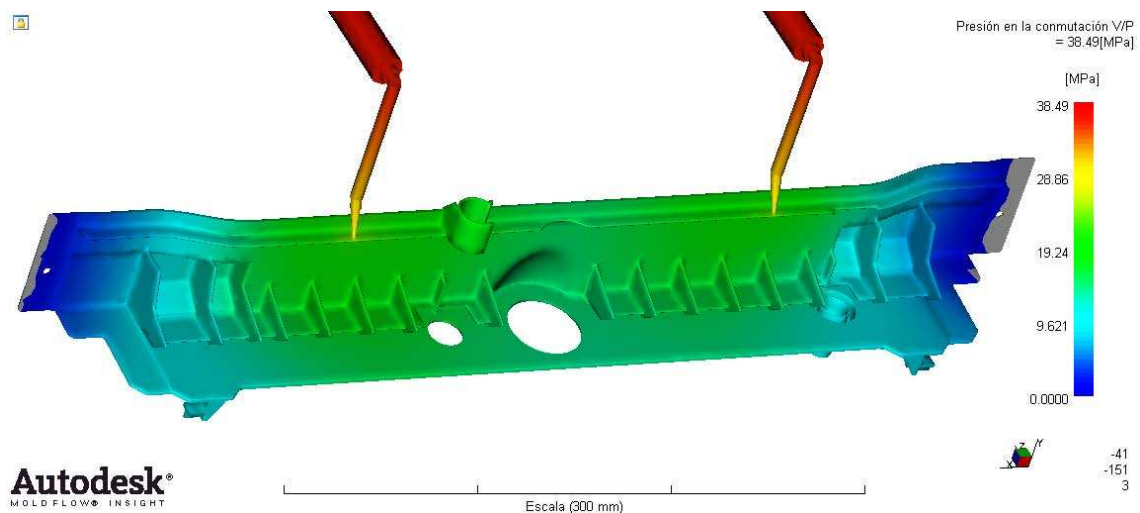


### 8.3.5.- Distribución de la presión

La distribución de los perfiles de presión, muestra la previsible pérdida de presión en el avance de la masa fundida. Normalmente, la mayor presión se encuentra en la entrada del material, puntos de inyección, mientras que la más baja estará en el último elemento a llenar. Una buena práctica en el moldeo requiere bajas caídas de presión en los canales y puntos de inyección y una caída de presión uniforme a lo largo de la pieza.

Bandas estrechas de color, es decir, muchos cambios de color en cortos recorridos del flujo, indican rápidas caídas de presión y riesgo de sobre compactación la cual puede acarrear una extracción difícil, contracciones no uniformes y distorsiones.

Bandas anchas de azul oscuro, indican baja presión sobre grandes áreas, con baja compactación y propiciando rechupes. Si esta baja presión está además asociada a las bajas temperaturas en las líneas de unión, estas serán frágiles, debido a no haber suficiente temperatura ni presión para que los dos frentes de flujo se suelden entre sí.



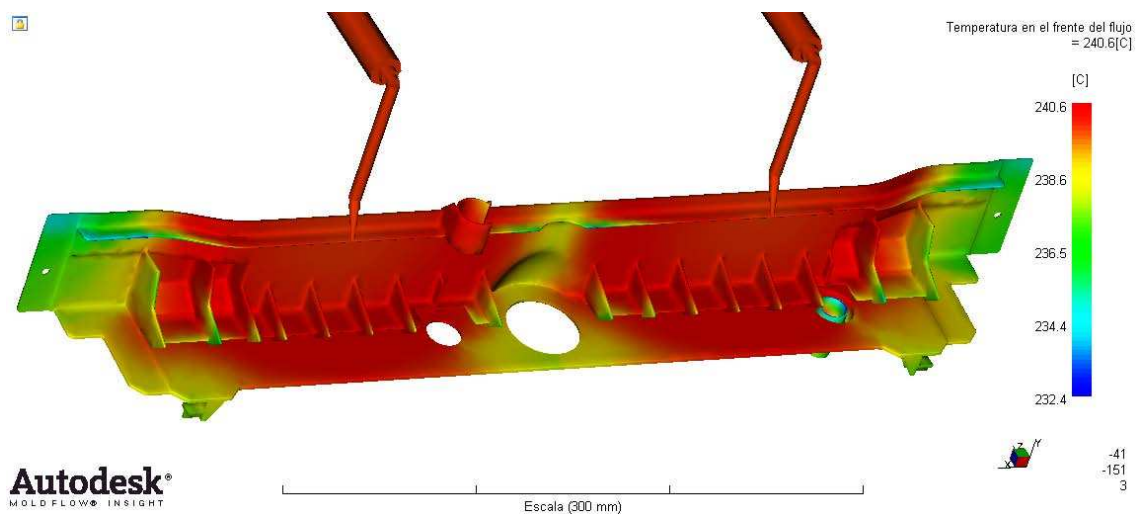
La distribución de presión en el camino del flujo dentro del molde al final del llenado está representado en este gráfico. La máxima presión en la pieza está en torno a los 40 MPa.

La presión en una localización específica empieza a aumentar sólo después de que el frente de fusión llegue a esa posición. La presión continúa incrementando a lo que el frente pasa debido a la distancia entre el punto en concreto y el frente de fusión. La diferencia de presión de un sitio a otro es la fuerza que empuja el polímetro fundido a fluir durante el llenado. Así el polímetro se moverá de los puntos de alta presión a los de baja presión. Es por ello que los puntos de inyección poseen la máxima presión y el frente de fusión o flujo la mínima durante la fase del llenado. La magnitud de la presión depende de la resistencia del polímetro, ya que polímeros con alta viscosidad requieren de más presión para el llenado de la cavidad. Se deben de evitar las variaciones en la distribución de presión grandes durante la fase de llenado. Y en la fase de empaquetamiento también se debe de evitar porque afectan a la contracción volumétrica.

### 8.3.6.- Temperatura en el frente de flujo

En ningún caso, la temperatura mínima en el frente de flujo, debe ser inferior a la temperatura a la cual el material no fluye. En general, temperaturas del frente de flujo iguales o superiores a 200°C indican un buen llenado. Las secciones delgadas de la pieza o áreas muy frías del molde pueden detener el avance del flujo. Esta detención prospera a medida que la pérdida de calor de las paredes continúa y el estrato solidificado aumenta el espesor. Incluso los puntos de inyección pueden sufrir un fenómeno de esta naturaleza. Estas situaciones pueden algunas veces ser sobrepasadas gracias a la presión y los flujos pasan finalmente a través de estos estrechamientos.

Una distribución uniforme de las temperaturas y un baja diferencia entre ellas indica unas buenas condiciones de moldeo, en cuyo caso, puede presuponerse una contracción uniforme y unas reducidas distorsiones.

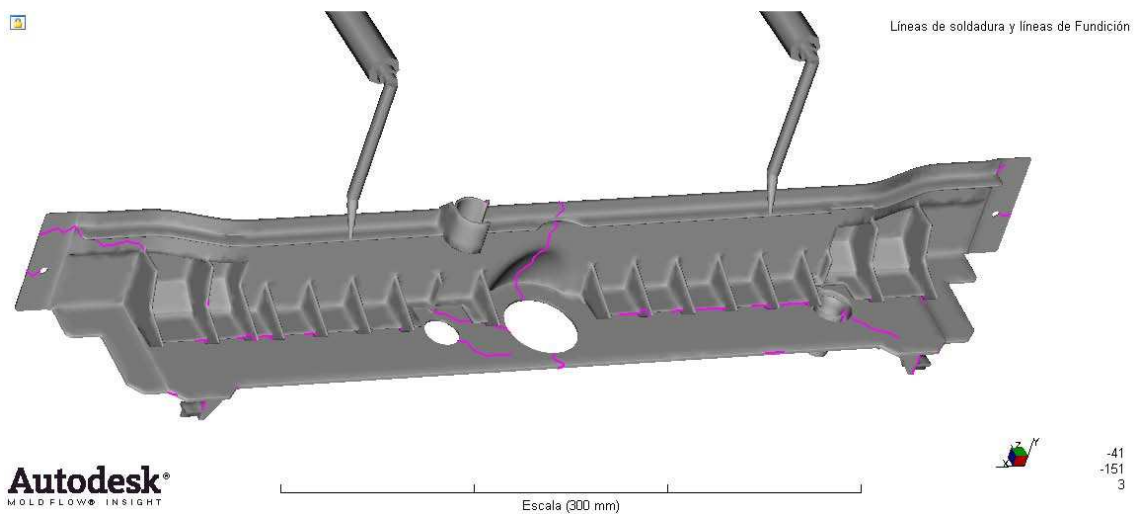


Este análisis también nos da una idea de la temperatura del frente de flujo, puesto que no es la misma si está cerca del punto de inyección, o alejado de él. Esto se aprecia perfectamente en esta representación, donde vemos que existen diferencias.

### 8.3.7.- Líneas de soldadura

Unos elementos que suelen ser muy problemáticos son las líneas de unión. Estas se forman en zonas donde convergen dos frentes de flujo, y su presencia podría conllevar debilidad estructural o la aparición de marcas en la superficie de la pieza.

En esta representación se ve donde van a estar las líneas de unión del plástico fundido. Lo normal es que en la pieza acabada no se vean estas líneas, tal y como es nuestro caso. Para que visualmente no se noten estas marcas, el frente de flujo deberá perder el mínimo calor posible, para que solidifiquen las dos partes sin problemas. Esto será posible si la velocidad de llenado es suficientemente alta como para llegar a todas las cavidades antes de que se enfríe.



De todas formas muchas veces es inevitable la aparición de estos elementos, por lo que existen diferentes alternativas. Es aconsejable moverlas a zonas donde la tensión sea lo más baja para que no provoquen fracturas cambiando el punto de inyección de posición. Así evitaremos problemas estructurales. En lo que se refiere al aspecto visual, si movemos la línea de unión a, por ejemplo, la parte de debajo de la pieza, se podría solventar el problema.

A parte de mover el punto de inyección también se puede aumentar el espesor de pared, aumentar o disminuir el punto de inyección de tamaño. En lo que atañe a la calidad de las líneas de unión se puede mover los puntos de inyección para que el frente de flujo sea una más oblicuamente, se puede aumentar la velocidad de inyección, su presión o la presión de empaquetamiento. Otra solución consiste en colocar un viento en la zona crítica para eliminar el aire atrapado y evitar que debilite posteriormente la línea de unión.

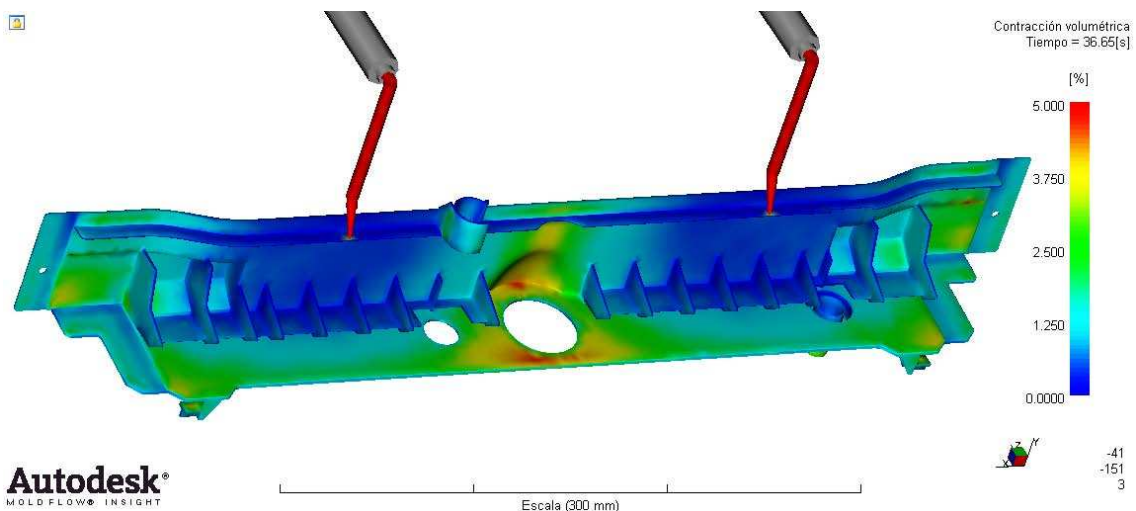
### 8.3.8.- Contracción volumétrica

El valor de la contracción, cuyo conocimiento es indispensable para el diseño del molde y para la obtención de piezas en las dimensiones deseadas, es función de la temperatura del proceso, de las presiones de inyección, así como de la naturaleza del polímero.

El nivel medio de contracción lineal, puede sufrir considerables variaciones y disminuir hasta el 50-60%, cuando existan factores que prevengan la contracción normal dentro del molde. Por ejemplo, un contenedor que se enfría en el positivo del molde, no puede contraer totalmente por lo cual el valor final será inferior al valor medio indicado. Otros factores pueden ser taladros, agujeros, etc.

Estos aspectos deben tenerse en cuenta, cuando se diseña el molde. Las acciones encaminadas a reducir la contracción son:

- Reducir espesor de la pieza
- Aumentar presión de inyección
- Aumentar el tiempo de refrigeración
- Aumentar la velocidad de inyección
- Aumentar el tiempo y presión de mantenimiento
- Reducir temperatura del molde
- Aumentar dimensiones en los puntos de inyección



Este gráfico es de vital importancia, puesto que a la hora de diseñar la cavidad hay que dimensionarla de tal forma que las dimensiones de la pieza que queremos sean las de la pieza ya contraída, de lo contrario, obtendremos una pieza más pequeña de lo que queremos.

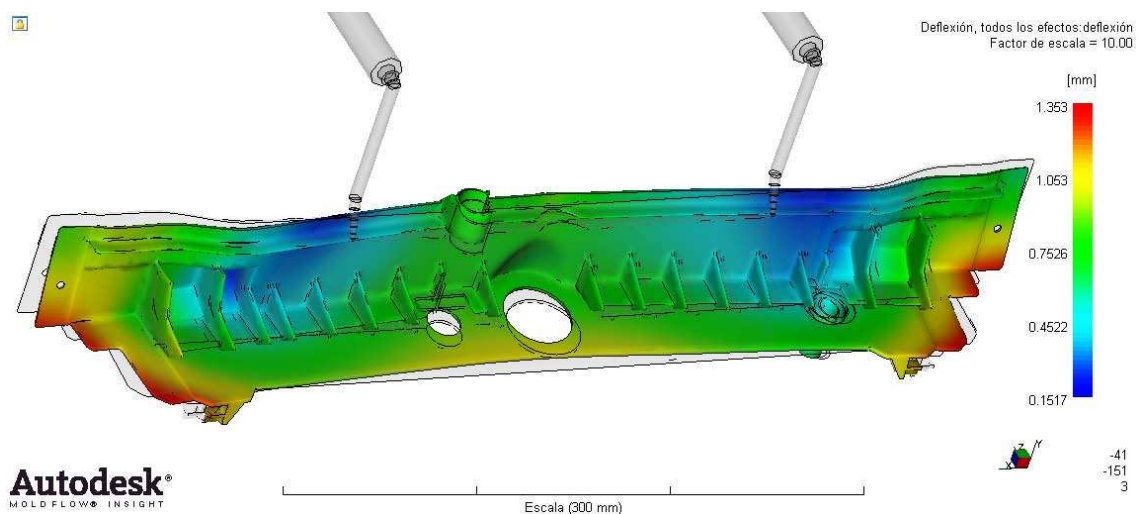
Lo ideal es que la contracción sea uniforme a lo largo de la pieza para evitar combamientos y además debe de ser inferior al límite recomendado para el material, puesto que de lo contrario pondríamos en juego la consistencia de la pieza.

### 8.3.9.- Deflexión o contracción postmoldeo

Las piezas inyectadas están listas para su uso a las pocas horas después de su desmoldeo.

La contracción postmoldeo no excede del 10-15% del total; pero puede producirse de manera no uniforme como resultado de los gradientes de temperatura entre los distintos puntos de la pieza dando como resultado alabeos y distorsiones.

Para piezas con una alta relación área/ espesor, es útil el uso de un conformador que fije la pieza durante un cierto periodo de tiempo. Debe recordarse que el mantenimiento de la estabilidad dimensional por estos medios incrementa necesariamente las tensiones internas congeladas.



Lo que se puede hacer para minimizar esta tensión residual es intentar que la refrigeración sea uniforme. De lo contrario, esta tensión puede ser la causante de fallos prematuros de la pieza o de pandeo y distorsión.

Otra de las características propias del proceso de moldeo es el rechupe, que son depresiones en la superficie de la pieza. Normalmente son muy pequeñas, pero resultan muy visibles al incidir la luz. Mediante este resultado podemos ver qué zonas son más propensas a que surjan defectos superficiales, debido al que el núcleo esté caliente. Se calcula para cada elemento en el instante cuando la presión local ha decaído a cero durante la fase de empaquetamiento y refleja cuanto material está todavía fundido y queda sin empaquetar. Valores altos de rechupe tienen más potencial de causa de fallos pero siempre depende de las características geométricas.

Vemos que en nuestra figura apenas tiene rechupe. En el caso de que tuviésemos valores altos, existen varias opciones para eliminar estas marcas. Se puede alterar el diseño de la pieza para evitar secciones gruesas y reducir el espesor de las extrusiones. Otra idea es aumentar el tiempo de empaquetamiento o la presión. También se puede disminuir la temperatura del molde o utilizar un material con viscosidad menor.

## 9.- RESUMEN PRESUPUESTO

En este apartado queda resumido el coste total del proyecto, estando completamente detallado en su respectivo documento.

Hay que resaltar que todo el molde, excepto los elementos comerciales, lo construimos en nuestras instalaciones, con lo que no hay ningún trabajo externo que lleve un coste de este tipo para este proyecto.

Para poder reducir los costes lo máximo posible, en la parte de elementos comerciales, se ha recurrido a catálogos con diferentes piezas normalizadas que no tendrán que pasar ningún proceso. Piezas que son directamente para el montaje del molde y otras piezas que se intentan obtener lo más parecido a las necesidades que se buscan, para tener que hacer el mínimo de modificaciones.

En este proyecto solo se recoge el diseño y fabricación del mismo, quedando fuera el estudio económico del precio de pieza que este molde fabricará. Esto es debido a que el cliente tan solo quiere el molde, siendo este el que inyectará las piezas para el que se ha fabricado este molde estimando su coste.

### 9.1.- Compra de materiales

Aquí se contabilizan todos los materiales en bruto para la fabricación de las diferentes piezas del molde. Todos los materiales son aceros excepto la placa aislante que es de fibra de vidrio.

**El gasto de esta compra es de 9.787,42 euros**

### 9.2.- Coste de los procesos de fabricación

Aquí se contabilizan el total de todas las horas que se han empleado, entre todas las máquinas y oficina técnica, para la fabricación del molde.

**Este gasto asciende a 38.922,39 euros**

### 9.3.- Chatarra producida en la fabricación

A partir del volumen de los tochos en bruto de cada pieza, y sabiendo el volumen final de las mismas, podemos calcular la chatarra total que se va a producir en la fabricación del molde. Esto no se contará como un gasto, sino como un ingreso, ya que la chatarra tiene un valor y puede ser reciclada.

**El ingreso de la chatarra es de 368,77 euros**



## 9.4.- Elementos comerciales

Estos elementos son necesarios para la fabricación del molde. Como su nombre indica, son elementos comerciales que han sido comprados a terceras empresas, proveedores, con lo que no los hemos fabricado nosotros.

**Este gasto es de 4615,50 euros**

## 9.5.- Coste neto

Una vez que ya tenemos todas las diferentes partes del presupuesto calculados, procedemos a calcular el coste de fabricación del molde.

Denominación	Coste €
Materiales en Bruto	9.787,42 €
Proceso de Fabricación	38.922,39 €
Venta de Chatarra	-368,77 €
Elementos Comerciales	4.615,50 €
<b>TOTAL</b>	<b>52.956,54 €</b>

Para calcular el coste neto hay que sumar al coste de fabricación el beneficio industrial, que es el 10% de este coste.

Coste de Fabricación	52.956,54 €
Beneficio Industrial 10%	5.295,65 €
<b>COSTE NETO</b>	<b>58.252,19 €</b>

## 9.6.- Coste total

Para calcular el coste total de este proyecto hay que sumar el 18 % de IVA al coste neto.

COSTE NETO	58.252,19 €
18 % IVA	10.485,39 €
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>68.737,58 €</b>

## 10.- FALLOS POTENCIALES EN EL PROCESO DE MOLDEO

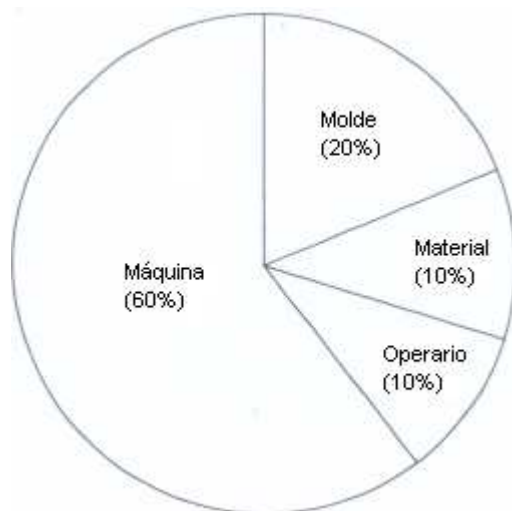
En muchos casos, el diseñador y el fabricante del molde no son los responsables de la resolución de los defectos de las piezas. Pese a ello, resulta útil que sepan las causas principales de los defectos más comunes y sus soluciones.

Demasiado a menudo, cuando los técnicos, ingenieros o operarios se encuentran con una pieza con defectos derivados del moldeo comienzan a cambiar cosas sin saber lo que están haciendo o que resultados esperan obtener. Esto tiene su origen en la práctica de solucionar una pieza defectuosa realizando algo que funcionó en el pasado cuando se quería un arreglo rápido (pero no posible). No tiene porque ser así. La situación debe de ser tal que el que resuelve los problemas pueda analizar objetivamente un defecto de moldeo y finalmente fije una posible solución. Esta debe de probarse, seguida de otra decisión. Si la primera solución no funciona se debe de deducir otra solución y probarla. Sin embargo, cada solución debe de determinarse independiente y racionalmente. No debe de ser un trabajo de intuición, y la ayuda de otras fuentes debe de ser bien recibida.

Una fuente común de asistencia para la resolución de problemas son los proveedores de materiales. Normalmente tienen instrucciones que indican lo que hacer si se encuentran ciertos defectos. Estas guías podrían darnos la solución a un problema específico pero podría ser que no nos indicasen lo que causó el problema o porque funcionó la solución adoptada puesto que no entran en ese tipo de detalles.

### 10.1.- Causas raíz

Un estudio analizó las causas raíz de los defectos más comunes en el moldeo por inyección. Debido a que la resolución de problemas resulta efectiva una vez se han moldeado unas cuantas piezas, el estudio solamente investigó los defectos relacionados con el proceso y no incluyó aquellos derivados de un mal diseño del producto. Se determinó que los defectos pueden achacarse a problemas de los siguientes objetos: la máquina de moldeo, el molde, el material plástico, o el operario de la máquina. Lo más interesante es el porcentaje en que contribuye cada uno de ellos.



Distribución de las causas de los defectos del moldeo por inyección

La mayoría de la gente en la industria cree que la causa más frecuente de los defectos es el material y el operario en segundo lugar. Sin embargo, la causa más frecuente de los defectos es la máquina de moldeo. Así, en la resolución de problemas, lo primero que se debe analizar es la máquina, porque encontraremos ahí la respuesta seis de cada diez veces. Si no encontramos la solución, lo siguiente a mirar es el molde.

Una persona que resuelve los problemas debe de ser capaz de acercarse al problema con una mentalidad objetiva. Lo que solucionó un problema en el pasado podría no solventar el mismo problema otro día. Debido al gran número de parámetros, sus variables y la manera en que interactúan, podrían existir múltiples soluciones a un único problema. Asimismo, se podrían arreglar varios problemas con una única solución. Por lo tanto, se debe de pensar a través del problema y asegurarse que la solución se escoge objetivamente, con sentido común y aplicando un análisis simple.

La primera clave es visualizar la manera en que funciona un problema. De hecho la mayoría de las resoluciones de problemas se hacen después de un profundo trabajo. Ha habido un ajuste inicial y un proceso de eliminación de fallos y se ha aceptado el molde para la producción. Después de trabajar exitosamente, se empiezan a moldear piezas con defectos. Entonces es cuando entra en juego la persona que resuelve los problemas así como el sentido común y la objetividad.

## **10.2.- Defectos y soluciones comunes**

### **10.2.1.- Motas o Vetas**

#### **10.2.1.1.- Bebedero con muesca, áspero o que no da abasto**

Si el bebedero tiene alguno de estos problemas, podría hacer que el material se degradase. La razón es que el material se queda atrapado (hasta que se sobrecalienta) en un área del molde que retiene mucho calor. La resina degradada se hace quebradiza y rompe, entrando en el flujo fundido y apareciendo como motas o vetas negras.

Inspeccionar la superficie interna del bebedero. Elimínese cualquier muesca o imperfección. Comprobar que el radio de la boquilla es igual o más pequeño que el del bebedero.

#### **10.2.1.2.- Material quemado por mala ventilación**

Las zonas con mala ventilación muestran una ceniza blanquecina en el acero del molde o un quemazo en el plástico en esa zona. Esto es debido a la combustión del aire atrapado en el molde y comprimido hasta el punto de ignición.

Es este caso es necesario situar salidas de aire a lo largo del perímetro de la cavidad imagen. Si se puede ventilar más, ventílese. No existe la ventilación excesiva.

## 10.2.2.- Ampollas

### 10.2.2.1.- Control inadecuado de la temperatura

El molde debe de funcionar con un rango de temperaturas para cada material específico. Una refrigeración inadecuada supone que ciertas zonas se enfríen más rápido que otras. Estas zonas más frías harán que la capa exterior de la pieza se descascarille mientras el resto del plástico todavía solidifique. El aire y los gases formarán bolsas en esas zonas y provocarán ampollas.

Hay que asegurarse que los taladros se ponen lo más cerca posible a la cavidad imagen y que siguen el contorno de esta fielmente. La idea es crear una distribución del calor igual en todo el molde, y especialmente en la zona de la cavidad imagen.

### 10.2.2.2.- Ventilación insuficiente

Una ventilación adecuada es una parte muy importante en la construcción de un molde. El tamaño correcto, localización, forma y número de salidas de aire necesita considerarse y analizarse en el diseño del molde. Si la ventilación es insuficiente, el aire atrapado no puede escapar del molde y formara bolsas que derivarán en ampollas o burbujas.

Se deben de hacer salidas de aire cada 25 mm a lo largo del perímetro de la línea de partición. Además, el canal debe también de ventilarse. El aire atrapado en el canal será empujado hacia la cavidad.

## 10.2.3.- Diámetro del bebedero demasiado pequeño

Si el diámetro del bebedero es demasiado pequeño, hace que el material se solidifique demasiado pronto después de entrar al molde y puede causar ráfagas o manchas, especialmente en las piezas atacadas en el bebedero. Si surge en un ataque de superficie significa que el ataque es demasiado fino.

Hay que asegurarse que el diámetro del bebedero al final de la boquilla sea lo suficientemente grande. Esta información se puede obtener del proveedor del plástico. Los materiales rígidos como el policarbonato necesitan diámetros grandes para facilitar el flujo. Además, hay que comprobar la profundidad del ataque. El proveedor del material proporciona el rango de profundidad que se necesita para el material en concreto. También hay que asegurarse de que los ataques rectangulares tengan un radio suficiente en las esquinas afiladas.

## 10.2.4.- Deformación excesiva

### 10.2.4.1.- Localización inadecuada del ataque

A menudo, la causa del pandeo en una pieza es que el ataque ha sido situado en una sección estrecha que alimenta una sección gruesa. Esto conlleva una distribución de moléculas inadecuada debido a la tendencia del material a enfriarse y solidificar a lo que intenta atravesar la sección fina primero. Cuando encoge, las moléculas de la sección más ancha se contraen más que las de la sección fina y hace que la pieza se gire y pandee.

Los ataques se deben de situar con dos ideas claras: atacar las secciones más anchas y centralizar el flujo de material. Atacando en la sección más ancha permitimos al material rellenar completamente el molde antes de que se enfríe y contraiga. El flujo centralizado permite una distribución igual del material por toda la cavidad imagen. Cuanto más fielmente se sigan estas reglas de oro, menos pandeo presentarán las piezas.

### 10.2.4.2.- Temperatura de molde inconsistente o desigual

Una pieza debe de dejarse enfriar en el molde teniendo temperaturas consistentes. Si existen puntos calientes en el molde, serán los últimos en enfriarse y la consecuente diferencia de contracción entre esos puntos calientes y otras zonas causará distorsión en la pieza (pandeo).

Hay que diseñar y construir el molde de manera que las mitades A y B tengan la misma capacidad de enfriamiento. Esto minimizará la tendencia de la pieza de plástico a quedarse en la mitad que esté más caliente. Además, hay que diseñar los canales de enfriamiento para asegurar que no existirá ninguna diferencia de más de 10 °C entre dos puntos cualesquiera del molde.

## 10.2.5.- Restricciones en Canales y/o ataques

Los ataques y canales que sean demasiado pequeños o tengan esquinas demasiado puntiagudas, podrían provocar una rotura y rasgado del plástico a lo que este fluye a través de ellas. Esto provocará una separación de capas en el flujo laminar del plástico. Las capas separadas enfriarán rápidamente y no podrán juntarse. Como consecuencia tendremos un empaquetamiento molecular débil que se muestra como fracturas en la pieza.

Hay que examinar los ataques y canales para asegurarse de que se construyen según las recomendaciones del proveedor de materiales. Cada familia de plástico tiene unos requerimientos especiales en lo que respecta al diseño de ataques y canales y deben de seguirse lo más fielmente posible.

### 10.2.6.- Porosidad

Cuando una pieza de plástico está formada por varias anchuras de muro, los muros más anchos solidificarán los últimos. Existirá una pérdida de presión en esas zonas anchas al seguir enfriando una vez las finas ya han solidificado. El plástico avanzará hacia la sección sólida y provocará burbujas. Cuando estas estén en la superficie de la pieza, aparecerán como marca de sumergido. Cuando es bajo la superficie, aparece como burbuja.

La mejor solución (también la más cara) es usar núcleos de metal para afinar la sección más ancha. Si no, si se puede, hay que cambiar la anchura de muro para que la sección más ancha no sea más del 25 % más ancha que la estrecha. Así se minimizará el llenado incompleto.

### 10.2.7.- Marcas de quemado

Los sistemas de ventilación se colocan en los moldes para expulsar cualquier gas o aire atrapado que pueda darse. Si las salidas de aire no son lo suficientemente profundas, o lo suficientemente anchas, o si no hay suficientes salidas, el aire se comprime antes de ser expulsado y se produce una ignición y se quema el material de su entorno.

Las salidas deben de ser de un mínimo de 3 mm de ancho. El pie de la salida no debe de sobrepasar los 3 mm de largo. Zonas ciegas, como fondos de agujeros, deben de tener salidas de aire mecanizadas en la parte de los pernos expulsores.

Debe de haber suficientes salidas en la línea de partición para igualar el 30 % de la distancia del perímetro de la línea de partición. Así, una línea de partición de 25 mm de perímetro tendría 12 salidas de aire, cada una de las cuales mediría 3 mm de ancho. Otra regla general dice que se deben de colocar salidas en intervalos de 25 mm alrededor del perímetro de la línea de partición.

### 10.2.8.- Puntos claros

Una fuente posible de puntos claros en una pieza es un molde o conjunto cavidad roto. Si la rotura proviene de una tubería, la humedad puede filtrarse en la cavidad y quedarse atrapada, apareciendo como puntos claros en el moldeo. La filtración podría no ser visible con el molde abierto y podría sólo ocurrir cuando el molde se cierra bajo presión de cerrado.

Se pueden reparar las bases de molde rotas, pero debería determinarse la causa. Es posible que una tubería estuviese demasiado cerca del conjunto cavidad, debilitando así el acero que les separa. Alternativamente, un conjunto cavidad podría haber sido debilitado durante el proceso de endurecimiento del acero. Por supuesto, existen multitud de posibles causas.

Podría ser necesario reponer el molde entero. Si una tubería se ha partido abiertamente es posible insertar un tubo de cobre a través de la tubería y usarlo como canal de refrigeración, sabiendo que sólo es útil temporalmente. Si se usa soldadura para reparar los conjuntos cavidad o moldes base rotos, esta tarea sólo se realizará por un soldador de alta reputación especializado en este tipo de soldaduras.



### 10.2.9.- Empaquetamiento desigual de la cavidad

Se puede atribuir el empaquetamiento desigual a un atacado, dimensionado del canal, o localización de estos incorrecto. El material entra a la cavidad por un punto incorrecto que no permite que el material sea empaquetado contra el acero del molde en todas las zonas. El material solidifica sin asimilarse al acabado del molde, y aparece como una zona difusa.

Existe la posibilidad de que una zona de la cara del molde no haya sido pulida como las demás. Esto daría una apariencia difusa a esa zona.

Hay que asegurarse que el molde está perfectamente pulido. Si es así, se deberá investigar el tamaño, número y localización de ataque adecuado para el diseño de un producto y el material del proveedor.

### 10.2.10.- Excesiva lubricación

Los moldes que tienen acciones como correderas, cámaras y elevadores que necesitan una lubricación periódica para asegurar una producción continua. Sin embargo, en algunos casos, el moldeador encuentra difícil llegar a los puntos de lubricación y cuando los lubrica los sobrecarga. La lubricación excesiva podría llegar a la cavidad imagen y contaminar la pieza moldeada.

Hay que diseñar y construir acciones con puntos de lubricación y ajustes que sean de fácil acceso al moldeador. Esto animará al moldeador a lubricarlos sólo cuando se necesite y reducirá la cantidad de lubricante usado.

### 10.2.11.- Pulido insuficiente

Los ángulos de expulsión deben de ser de por lo menos 1° por lado para facilitar la expulsión de la pieza del molde. La presión de expulsión podría causar piezas rotas si se usa más de la recomendada. Además, cavidades con superficies ásperas (y otros rasgados) causan efecto en las piezas a lo que eyecta. Esto podría derivar en roturas si se incrementa la presión de expulsión para empujar la pieza sobre esta superficie áspera.

Todos los muros laterales deben de ser ajustados para tener un ángulo de expulsión lo más alto posible, pero 1° es el mínimo. Comprobar y eliminar, rasgados formados por las líneas de partición o zonas de cierre. Las superficies de la cavidad deberían recibir un pulido extremo cuando se construye el molde y ser re-pulidas cuando se necesite.

### 10.2.12.- Molde demasiado flojo

Si se quiere un molde suelto, es necesario limitar su uso. Demasiadas solturas en el molde provocarán que lo suelto del molde penetre en las capas moldeadas. Esto evitará que las capas se entrelacen y provocará delaminación.

Hay que mantener el molde suelto fuera de presiones a no ser que se necesite, y sólo usarlo después como ajuste temporal hasta que la causa del pegado se rectifique.

Comprobar el molde y piezas ejemplo para determinar porque una pieza se pega. Buscar y reparar rasgados creados por líneas de partición dañadas. Comprobar los pernos centrales y buscar finales achampiñonados. Determinar si se requiere pulido para ayudar a la pieza a salir del molde.

### 10.2.13.- Decoloración

En general, un molde caliente hará que el material se mantenga fundido más tiempo y permitirá que las moléculas se empaqueten más fuertemente. El resultado es una pieza muy densa que aparece oscurecida debido a su densidad.

Por otra parte, un molde frío provocará una pérdida de brillo porque el material se enfría antes de poder ser forzado hacia la superficie del molde. Consecuentemente tendremos una pieza menos densa, que será más clara.

Las tuberías deben de ser lo suficientemente grandes como para acomodar el flujo de agua correcto necesario para que haya turbulencia con un valor de Reynolds de entre 3500 y 5000. Un valor más bajo significa un flujo de agua indebido y un control de temperatura inconsistente. Si el flujo se hace laminar, la temperatura del molde fluctuará durante la marcha y resultará en piezas de varios tonos de color.

### 10.2.14.- Zonas de cierre no paralelas

Durante el tiempo, el plano principal de la línea de partición podría perder su condición de paralelismo. Podría ocurrir por muchas razones, incluyendo el que el conjunto cavidad haya acuñado en la base del molde, o que se haya dejado rebaba en el plano de la línea de partición, formando finalmente depresiones.

Hay que examinar la línea de partición, buscando zonas dañadas, especialmente aquellas por pérdida de rebaba o desajuste de la boquilla. Estas deben de ser reparadas o reemplazadas en su defecto. También se deben de revisar los conjuntos cavidad. Las zonas de cierre deben ser sobre la superficie del molde de 0,05 a 0,127 mm para detener efectivamente la rebaba en la línea de partición.

### 10.2.15.- Excesiva longitud del pie del ataque

La pequeña área que circunscribe un ataque se llama pie. Determina la distancia total que debe de viajar el plástico fundido en un estado restringido antes de que pueda entrar en la cavidad. Si el pie es demasiado largo, el material plástico empezará a enfriar demasiado rápido y tendrá que ser forzado para que entre en la cavidad. Esto hace que el frente del flujo se rompa en partes y que así pueda entrar material nuevo para fluir entre las roturas, provocando la clásica apariencia de “serpiente” en la superficie de la pieza.

### 10.2.16.- Líneas de unión (líneas de soldado)

Las líneas de unión son el resultado de un frente de flujo de material inyectado en una obstrucción en la cavidad del molde. Esta suele ser un perno central que se usa para hacer un agujero en la pieza. El frente de flujo rompe en dos frentes separados y rodea la obstrucción.

Cuando las dos partes se unen al otro lado, intentan unirse de nuevo y formar un nuevo frente único. Otra causa de las líneas de pegado es el uso de más de un ataque, lo que provoca múltiples frentes de flujo. Cuantos más ataques se añaden, más líneas de pegado hay.

Si se crean las condiciones para crear una línea de pegado, esta no se puede eliminar, solamente manipular. Moviendo el ataque movemos la línea de pegado. Incrementando la temperatura de fusión y del molde, ayudamos a minimizar la línea de pegado. Si añadimos ataques estratégicamente, podemos llevar las líneas de pegado a localizaciones específicas.

Por ejemplo, un perno central puede acortarse para que se forme rebaba sobre su cara. Después, se puede hacer que las líneas de pegado se formen en la rebaba. La rebaba (y las líneas de unión que están en ella) pueden ser eliminadas después de la pieza.

### 10.2.17.- Cálculos de dimensionamiento incorrectos

Existen más de 20.000 materiales plásticos entre los que elegir para hacer un producto, cada uno de los cuales tiene un factor de encogimiento asignado. El fabricante del molde debe incorporar ese factor en cada dimensión de la pieza de tal manera que cuando sea expulsada del molde encoja hasta las dimensiones correctas. Es necesario que el diseñador y el fabricante del molde entiendan las características particulares de encogimiento del material.

Esta información nos la proporcionará el proveedor del material y debe de ser analizada con profundidad. A pesar de ello, si se cambia de material o se utiliza un tipo diferente, podría no encogerse de la manera predecible.

Es conveniente dejar todas las dimensiones con más acero del debido si se puede. Así podremos hacer modificaciones si el encogimiento no resulta como pretendíamos. En la mayoría de moldes ni siquiera se espera producir piezas aceptables en el primer intento.

Normalmente, las dimensiones finales se acuerdan entre el diseñador del producto pretende y lo que el molde realmente produce. Las dimensiones críticas deben de desarrollarse en el molde por el fabricante del molde hasta que produzcan los requisitos deseados.

### 10.2.18.- Modelos de flujo desequilibrados

Aparte de las causas obvias por las que se producen las marcas de sumergido (por ejemplo una refrigeración ineficiente), la causa principal de las marcas de sumergido en las piezas producidas en moldes multi-cavidad son los sistemas de canales y ataques desequilibrados. El material podría entrar en cada cavidad a un tiempo diferente y provocar diferencias en el momento exacto en que empieza a solidificar. Esto podría derivar en diferencias de contracción lo que haría que apareciesen marcas de sumergido.

El camino del flujo debe de construirse para que cada cavidad se acabe de llenar en el mismo momento. Esta es la definición de sistema de canal equilibrado. Cuando se consigue esto, todo el material del tiro parará de moverse al mismo tiempo y empezará a solidificar y contraer a la vez. Así ayudaremos a minimizar la contracción excesiva que, a su vez, provoca las marcas de sumergido.

### **10.2.19.- Ataques demasiado pequeños**

Cuando el material entra en la cavidad, debe de hacerlo de forma laminar (capa sobre capa). Si el ataque es demasiado pequeño, el frente de flujo podría romper en muchos frentes pequeños, y el material entraría en la cavidad en forma de spray en vez de forma laminar. Esta forma de spray se duplica en la cara de la pieza con la apariencia de spray.

Hay que examinar los ataques para asegurarse de que tienen la forma y dimensiones correctas para el material que se está moldeando. El proveedor de material es una buena fuente de información. Durante la inspección hay que buscar problemas obvios, tales como líneas de partición. Estos también harán que el flujo se rompa en forma de pequeños sprays.

### **10.2.20.- Deformación en la expulsión**

El sistema de expulsión del molde podría desgastarse (o soportarse indebidamente) provocando una expulsión desigual de la pieza. Si la pieza no se expulsa igualmente, podría aparecer combamiento como resultado de la distorsión de la pieza que todavía está recién hecha y que se empuja fuera del molde.

Hay que comprobar el funcionamiento del sistema de expulsión. Los moldes pensados para usos largos deberían incorporar un sistema de expulsión guiado, compuesto de perno guía y casquillos. Con esta práctica conseguimos que el sistema de expulsión del molde sea mucho más duradero. Sin él, las fuerzas de gravedad hacen que el sistema de expulsión desgaste los agujeros de soporte y las placas se combarán, provocando una expulsión desigual.

## **10.3.- Reparación, protección y almacenamiento de moldes**

Es seguro que cualquier molde va a necesitar ciertas reparaciones por daños que ocurran durante su uso o almacenaje. Cuanto más se utilice o más tiempo se almacene, mayor daño sufrirá. La mayor causa de daños es la falta de cuidado.

La reparación del daño puede ir de ser simple hasta ser de gran dificultad dependiendo del grado y tipo de daño. Para reparar y mantener los moldes, se aconseja diseñarlos de manera que los componentes vulnerables tales como zonas de ataque puedan ser fácilmente reparadas.

Esto puede realizarse mediante el uso de las inserciones y la construcción laminar. Para otros daños más complicados, tales como el reemplazamiento de pernos expulsores dañados, la soldadura es el método más común de reparación de daños. Sin embargo, debido a las tensiones que se producen, la soldadura se debe de utilizar sólo como último recurso.

Los moldes son herramientas caras y deben de tratarse con un cuidado exquisito y protegerlos durante el proceso de producción así como durante el almacenamiento entre utilizaciones. Incluso el proceso de instalar un molde en la máquina de moldeo para la producción puede causar daños si no se realiza adecuadamente.

Almacenamientos de poco tiempo requieren el uso de una fuente de luz que previene la formación de óxidos. Los almacenamientos largos (más de 30 días) requieren el uso de un producto pesado que prevenga la formación del óxido en el molde y también en las líneas de flotación.

## 11.- AMBIENTALIZACIÓN DEL PROYECTO

Sobre este proyecto el gasto energético corresponde únicamente a las horas dedicadas con un ordenador, no se ha tenido que utilizar ningún otro tipo de herramienta.

De cara al medioambiente se tiene que tener en cuenta el ahorro de papel tanto para la memoria, presupuesto como para los planos, por eso antes de imprimir nada, se verifica que todo está correcto y que solo se imprime el proyecto definitivo. Sobre todo en la parte de los planos es donde más papel se va a gastar ya que se utilizarán copias en A1. Lo que se ha intentado para ahorrar papel con los planos, ajustando todo lo posible el tamaño del papel a estos. En caso de tener que hacer una copia innecesaria o que surgiera algún error en algún plano y como consecuencia volver a imprimirlo, el papel sobrante que llevaría al contenedor correspondiente para su reciclado.

Sobre la construcción del molde, tampoco habría ningún problema ya que todas las partes metalizas sobrantes, incluso la chatarra producida durante el mecanizado, pueden volver a reutilizarse en las fundiciones para elaborar acero nuevo. Igualmente una vez terminada la vida útil del molde, este se puede reciclar del mismo modo.

Las sobras de material plástico en la producción de la pieza, también pueden ser recicladas para hacer materia prima nueva. Las piezas producidas, una vez agotada su vida útil también son reciclables. Hoy en día, la industria del plástico avanza cada vez más y plásticos que antes eran irrecuperables hoy día son totalmente reciclables. Incluso el plástico más deteriorado y inservible puede utilizarse como materiales de construcción, aislantes, etc.

También hay que tener en cuenta los residuos que se producen durante el ciclo de vida del molde y para la fabricación de este. Los aceites sintéticos deben ser debidamente tratados para que el impacto sobre el medio ambiente sea nulo. Hoy día existen centros de recogida de residuos en prácticamente cualquier pueblo donde se pueden depositar cualquier tipo de residuo para su posterior reciclado o incluso en el caso del aceite existen empresas especializadas que recogen el aceite y lo reciclan para producir aceite nuevo. También se puede utilizar como combustible para producir energía.

Intentar también que el agua que se utiliza para la refrigeración de la pieza sea el más reducido posible y siendo reutilizada tantas veces como sea posible.

## 12.- CONCLUSIONES

Este molde ha sido un caso real, sobre una pieza interna de una nevera. De ahí que las fotos, y costes que aparecen en este proyecto, sean totalmente reales. No obstante la elaboración del mismo ha sido íntegramente mío, y no por ello ha estado exento de dudas y complicaciones. De las cuales he aprendido no solo como desarrollar un proyecto, sino también como diseñar un molde.

En el mercado existen diferentes técnicas de moldeo, con lo que es importante desde el comienzo del diseño, decidir que técnica de moldeo se va a usar. En este caso no hubo que decidir nada, ya que el cliente quería que fuera moldeado por inyección.

En comparación con años atrás, en los cuales el diseño de moldes se hacía en mesas de delineación, dibujando a escuadra, compas y cartabón, ahora se realizan con potentes software y buenos programas de diseño. Aunque no he conocido el viejo sistema de diseño, sé que esto ha supuesto un gran avance, pasando de métodos de prueba y error, a poder realizar simulaciones de diferentes procesos que ocurren en el molde. Optimizando de esta forma tiempo y dinero en este sector.

La mayoría de los diseños tienen que estar basados en datos reales, o empíricos, por tanto se hace necesario el uso de programas de diseño como Solidworks. Con el cual se ha diseñado este molde. Esto ha permitido obtener de manera rápida y precisa, datos como el área proyectada, volumen, peso del material a inyectar, ajustes y rozamientos entre diferentes piezas, etc.

Hoy en día la tendencia del diseño no está solo dirigido a los elementos mecánicos sino que también involucra a los procesos. Por tanto es importante el uso de programas de análisis de procesos, para el caso de los procesos de transformación por inyección de termoplásticos como el Moldflow.

A la hora de la elaboración de los diferentes planos, se han tenido en cuenta la correcta aplicación de ajustes y tolerancias dimensionales, para evitar así rababas en la pieza inyectada o trabamientos entre las partes deslizantes.

En el comienzo del diseño de este molde, o en el comienzo de diseño de cualquier molde, es indispensable adaptarse a la geometría de la pieza y a la máquina inyectora que va a usarse. Por esto mismo este molde tiene estas medidas, ya que debe acoplarse perfectamente a la máquina inyectora.

Es importante tener datos adecuados acerca del material plástico con el que se va inyectar, ya que algunos de los parámetros importantes, como densidad, contracción, espesores de pared, temperaturas de moldeo y desmolde, ángulo de desmolde, dependen de las características que éste tenga. En este caso, se ha optado por diseñar y fabricar el molde para inyectar polipropileno, debido a que este material reúne todas las propiedades que se le exigen a la pieza para su uso.



Hay que prestar mucha atención a la geometría de la pieza, ya que por ejemplo esta pieza tiene varios huecos y tubos bastante complicados. Estos huecos se consiguen por medio de correderas, llamadas también patines. Se intentará simplificar este movimiento, haciendo que se mueva a la vez que el molde se abre y se cierra. En este caso así es con dos correderas, pero no se pudo conseguir con la tercera. De este modo se pensó en varias alternativas, llegando a la conclusión que una corredera hidráulica, accionada por medio de la máquina inyectora, es una buena opción y no encarece demasiado el molde.

En los diseños hay que buscar la facilidad de elaboración, fabricación y montaje, siempre que esto sea posible. Con los materiales pasa lo mismo, no hay que buscar materiales súper especiales, si no materiales existentes en el mercado habitual, además de tener en cuenta las limitaciones en herramientas y maquinaria. Todo esto ahorrará tiempo y dinero.

El sistema de alimentación es sencillo, pero debido a la largura del recorrido, desde que el flujo entra en el molde por la boquilla de inyección, hasta alcanzar el punto más alejado de la pieza, se corría el peligro de que se enfriara el plástico inyectado. Así que se optó por poner una cámara caliente, que es un dispositivo que mantiene la temperatura del flujo en su tránsito por el molde. A pesar de que esto es relativamente caro, unos 2000 euros, permite una mejor fluidez, y mejora el acabado superficial de la pieza inyectada.

Debido a la densidad del material de inyección, polipropileno, no ha sido necesario realizar canales de salidas de aire. Ya que las tolerancias entre las placas cavidad permiten la salida de aire y no el paso del material que provoca rebabas, evitando así operaciones de mecanizado.

La refrigeración de todo molde es muy importante, ya que si no el molde alcanzaría temperaturas demasiado altas, produciendo acabados muy pésimos en la pieza inyectada. Las piezas que necesitan refrigeración son las que están en contacto directo con dicha pieza, que en este caso son las placas de la cavidad y la corredera 1. El problema está que estas placas tienen ya de por sí muchos huecos, agujeros para columnas o tornillos, con lo que resultó difícil diseñar los canales de refrigeración. Existen libros con explicaciones y formulas para calcular esto. Pero la realidad es diferente, ya que debido a la geometría de estas placas es difícil aplicar esta teoría. Al final los canales de refrigeración se pusieron simplemente por donde cabían, y con la mayor sección posible, por supuesto se tuvo en cuenta que llegaran a todas partes para así poder refrigerar de manera uniforme. Para este cometido fue de gran ayuda el programa Solidworks, programa de diseño 3D.

A pesar de que existen manuales e información acerca del diseño de moldes, el diseño de cada uno es único. Siendo difícil aplicar teóricamente lo que dicen estos mismos manuales, debido a la difícil geometría a inyectar, aunque por supuesto pueden valer de gran ayuda. Con lo que el diseño de moldes se realiza teniendo en cuenta criterios en base a la experiencia. Y no solo en el diseño, también en el ajuste de la máquina inyectora influye más la experiencia que los cálculos. Por ejemplo en este proyecto se ha calculado la presión de inyección por medio de dos caminos distintos, simulación por medio de Moldflow, y por medio de formulas matemáticas. Pero a pesar de ello, la máquina de inyección se ajustó a base de prueba y error, hasta que la calidad de la pieza inyectada fue perfecta.

Esto es debido a que los datos obtenidos son muy aproximados pero no exactos en su mayoría. Para inyectar hay que ver los resultados y luego variar los parámetros de la máquina inyectora, según se quiera una calidad y presentación del producto, hasta obtener las características deseadas.

Para terminar, para mantener la vida útil del molde, mantener siempre las partes deslizantes lubricadas, así como también proteger las superficies de la corrosión. Después de utilizar el molde, proteger las cavidades del mismo, ya que cualquier imperfección en estas partes, provocaría reproducir esa imperfección en la pieza inyectada.



# **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

Titulación:

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO**

Título del proyecto:

## **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECTAR PIEZA DE PLÁSTICO**

### **CÁLCULOS**

Fernando, Andrés Simón

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, Septiembre de 2012

**INDICE**

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. CONSIDERACIONES INICIALES. ....	3
2.1.- Volumen material a inyectar. ....	3
2.2.- Recorrido del flujo plástico. ....	3
3. NÚMERO DE CAVIDADES DEL MOLDE. ....	4
3.1.- Tiempo de producción / Necesidades / Cavidades. ....	4
3.2.- Elección del número de cavidades. ....	6
4. DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE CIERRE. ....	7
5. CAPACIDADES MÍNIMAS DE LA MÁQUINA. ....	10
5.1.- Fuerza de cierre necesaria de la máquina. ....	11
5.2.- Volumen máximo de inyección. ....	11
5.3.- Capacidad de plastificación. ....	12
6. DURACIÓN DEL CICLO DE INYECCIÓN. ....	12
6.1.- Tiempo de vacío (tv) ....	13
6.2.- Tiempo de inyección (ti) ....	13
6.3.- Tiempo de enfriamiento mínimo. ....	14
6.4.- Tiempo de solidificación y compactación (ts) ....	14
6.5.- Tiempo total de un ciclo de inyección (Tt) ....	15

# 1.- INTRODUCCIÓN

Los moldes para la inyección de termoplásticos son una entidad completa en sí misma, capaz de producir piezas de la forma deseada. Es muy importante que un molde sea diseñado para ser montado y asegurado en una máquina con la suficiente capacidad. Por esto es necesario tener en mente que hay que diseñar un molde en base a los requerimientos del producto y la capacidad de una máquina específica.

Con la información de la máquina de inyección se empieza el diseño del molde, para este propósito se toma un diseño básico de molde estándar existente.

Antes de empezar cualquier diseño de un molde, se debe tomar en cuenta algunos factores, esto determinan si los parámetros previos son validos o son limitantes. Estos factores preliminares incluyen principalmente lo siguiente:

- Determinación del volumen de material a inyectar
- Número de cavidades en el molde
- Determinación de la fuerza de cierre
- Capacidades mínimas de una máquina inyectora

## 2.- CONSIDERACIONES INICIALES

### 2.1.- Volumen del material a inyectar

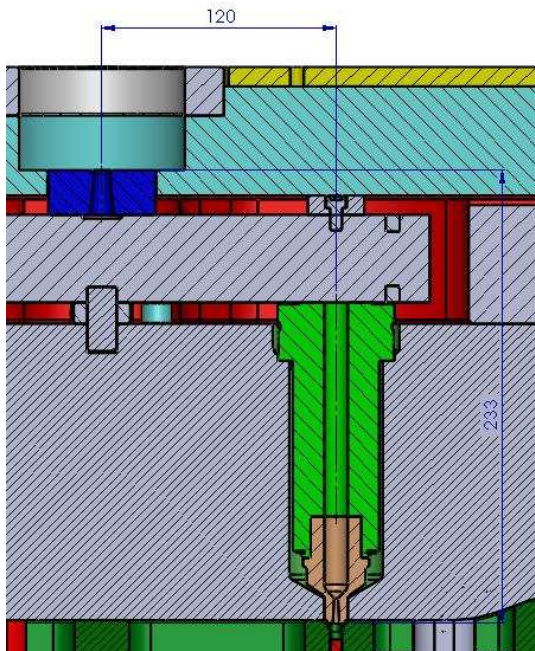
La determinación del volumen de material a inyectar se calcula mediante la utilización del software de diseño *SOLIDWORKS*® en base al dibujo del sólido de la pieza, siendo este de 177,8 cm<sup>3</sup>. Teniendo en cuenta que son dos piezas a inyectar más los canales del sistema de alimentación, que ambos suman 24,3 cm<sup>3</sup>, dan como resultado **379,9 cm<sup>3</sup>** en cada inyectada.

### 2.2.- Recorrido del flujo plástico

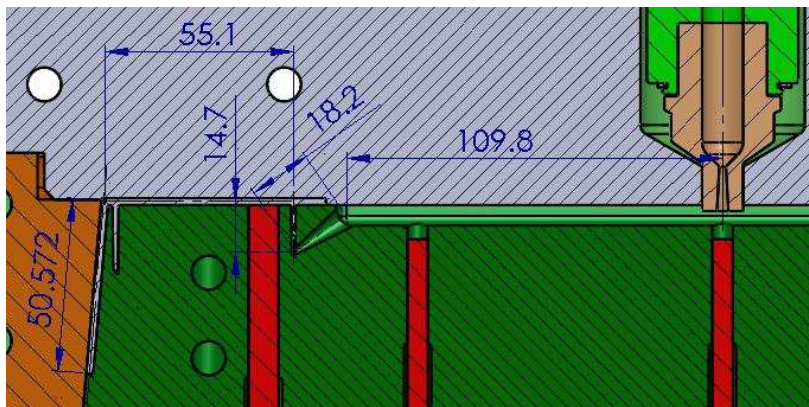
Se define al Recorrido de flujo, a la máxima distancia recorrida por el flujo de material medida desde el punto de inyección, o entrada del molde, hasta el extremo más alejado de la pieza.

Es importante para el diseño del molde determinar cuáles son los recorridos de flujo, así como el espesor de pared promedio. Para la mayoría de los diseños, esta medida se determina de una manera práctica como el promedio de los espesores del producto o pieza a inyectar requerido.

El recorrido del flujo, desde que entra en el punto de inyección, hasta que llega a la parte más alejada de la pieza a inyectar es el siguiente.



En la foto vemos las distancias que recorre el flujo desde que entra en el bebedero, hasta que sale de la cámara caliente. Este recorrido es de  $120 + 233 = 353$  mm



En esta foto, vemos el recorrido que hace el flujo desde que sale de la cámara caliente hasta que llega a la pieza. El total del recorrido es de 248,37 mm.

La suma total de estos datos es  $353 + 248,37 = 601,37$  mm. Que es la distancia máxima que recorre el flujo plástico.

### 3.- NÚMERO DE CAVIDADES DEL MOLDE

#### 3.1.- Tiempo de producción / Necesidades / Cavidades

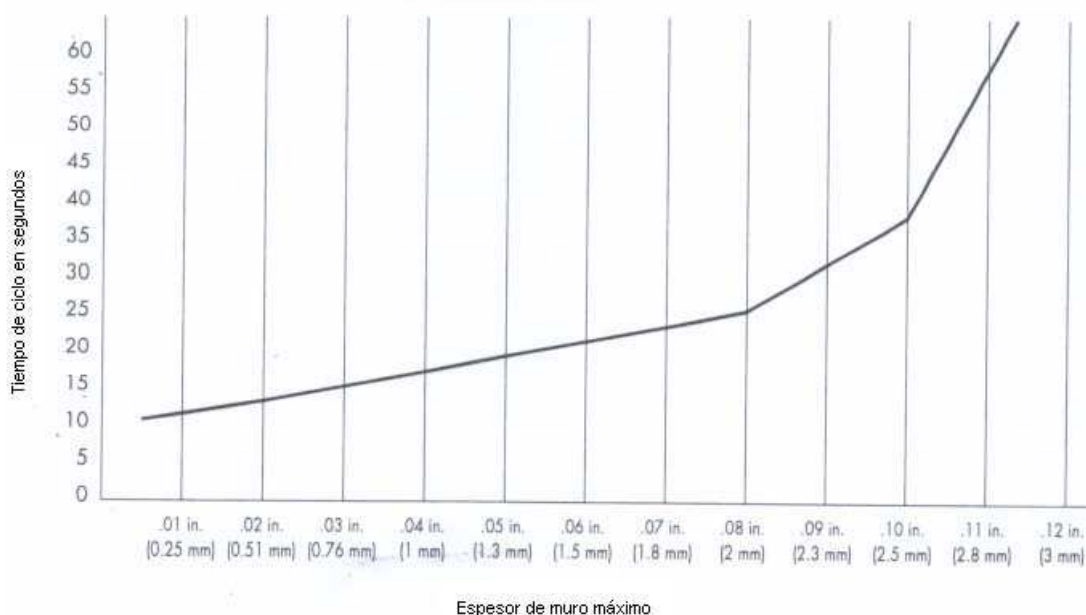
Antes de que determinemos el tamaño del molde y el tamaño del equipo necesario para que funcione el molde debemos determinar cuántas cavidades se necesitan. Junto con el tiempo total de ciclo, el número de cavidades determina cuantas piezas se pueden producir en un ciclo completo de moldeo por inyección.

El número de cavidades que se necesitan depende del tiempo establecido para producir los requerimientos anuales de volumen de un producto específico. Pongamos un ejemplo: si se pide una media de 100000 unidades al año, necesitamos determinar cuántas cavidades se requieren para producir la pieza durante el año.



Lo primero determinamos el tiempo disponible para producir en el año. La mayoría de máquinas de moldeo producen piezas las 24 horas al día cinco días a la semana. Los fines de semana se suelen emplear para labores de mantenimiento. Tomando en cuenta que un año tiene 52 semanas, una semana 5 días y un día 24 horas, obtenemos un tiempo de 6240 horas al año. Cada mes por lo tanto tiene una media de 520 horas disponibles.

Para calcular cuantas cavidades necesitaremos mecanizar en el molde, tenemos que estimar un tiempo de ciclo. El tiempo de ciclo esta determinado principalmente por la pared más ancha de la pieza. Como referencia el siguiente gráfico, puede servir para realizar esta determinación, y considera que el molde se colocará en una máquina de moldeo y que todas las fases del proceso de inyección son tiempos medios.



Después de estimar el tiempo total de ciclo usando este gráfico, el número de ciclos por hora se calcula dividiendo 3600 segundos de una hora entre el tiempo estimado de ciclo. Consideremos que la pieza en cuestión tiene un espesor de pared de 25,4 mm. De este gráfico deducimos que el tiempo aproximado de ciclo serán 36 segundos. Dividiendo ese número entre 3600 resulta que podemos moldear 100 ciclos a la hora. Ahora podemos deducir cuantas cavidades necesitamos. Si tenemos una única cavidad podemos producir 100 unidades a la hora. Eso significa que nos llevarían 1000 horas o 8,33 semanas moldear nuestra necesidad anual de 100.000 unidades. Si fabricamos un molde de dos cavidades podemos moldear el total en la mitad de tiempo. Por supuesto el molde de dos cavidades sería más caro, cuestión que hay que valorar.

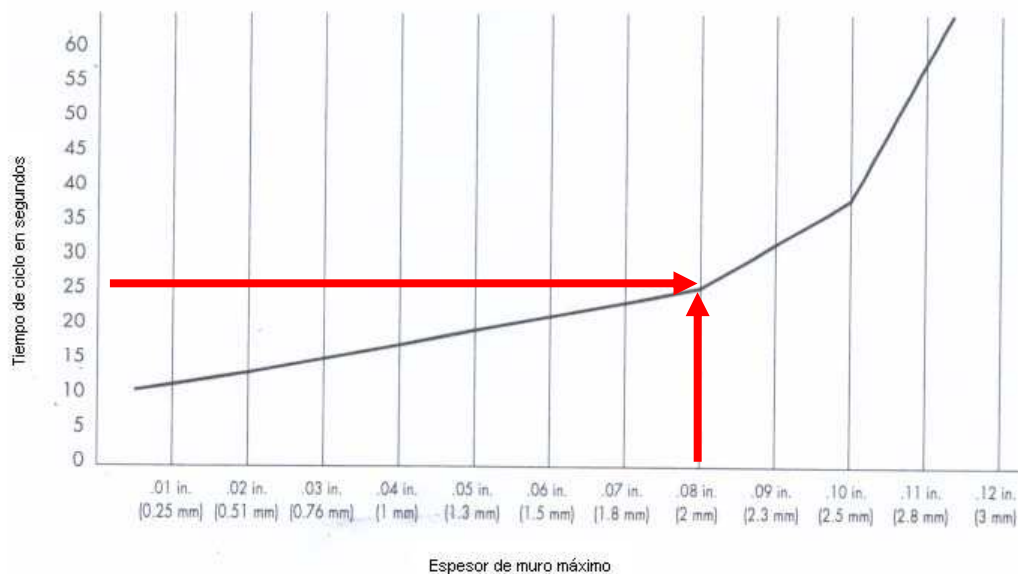
Ahora pongamos otro caso en el que la necesidad es de 10 millones de unidades por año. Si el ciclo sigue en 36 segundos tenemos todavía 100 ciclos por hora. Por lo tanto un molde de una única cavidad podría fabricar 624.000 unidades si funcionase todo el año y eso significaría tener el molde siempre en marcha, incluso excediendo el tiempo los fines de semana. Vemos que no es práctico. Hay que pensar en de dos a cuatro moldes cada uno con de 16 a 32 cavidades.

Entonces podríamos producir la cantidad de un año entero en un periodo de 3 a 6 meses dependiendo de la combinación que decidamos usar. Además estaríamos utilizando de dos a cuatro máquinas de moldeo a la vez, y eso hay que tenerlo en cuenta.

Si no tenemos el suficiente equipo de moldeo a mano (o en el adecuado tamaño) tendríamos que externalizar la producción o comprar equipamiento adicional. Estas son algunas de las cuestiones que se deben analizar antes de decidir cuantas cavidades debería de tener el molde.

### 3.2.- Elección del número de cavidades

Según lo descrito en el apartado anterior, necesitamos de un sólo dato de los necesarios para estimar el número de cavidades: el espesor de muro máximo. Observando nuestra pieza le podemos asignar el valor de 2 mm. Así pues, y según se puede ver en el siguiente gráfico obtenemos un tiempo de ciclo estimado para nuestra pieza de unos 25 segundos.



Vemos que no se trata de un método muy preciso, pero nos da una idea de las cifras sobre las que nos movemos. Ahora deberíamos decidir qué cantidad de cavidades disponemos en el molde, pero para ello necesitamos saber el tiempo del que disponemos para producir y la cantidad que deseamos producir. Ya que no nos encontramos en un caso real en el que sea el cliente quién nos lo indique, seremos nosotros mismos quienes haremos unas suposiciones.

Partimos de que queremos fabricar las piezas con un sólo molde y sabemos que el molde tiene que producir una cantidad anual de 360.000 piezas. Para ello, vamos a disponer de 2 turnos de producción al día de 8 horas cada uno. Por lo tanto, 16 horas al día. Solamente se producirá de lunes a viernes, dejando el fin de semana para labores de mantenimiento del molde. Descontando periodos festivos en los que la fábrica de inyección estará cerrada, contamos con 245 días de producción al año. Ahora realizamos las cuentas:

$$16 \text{ horas/día} \times 3600 \text{ segundos/hora} = 57.600 \text{ segundos/día}$$

$$57.600 \text{ segundos/día} \times 245 \text{ días/año producción} = 14.112.000 \text{ segundos/año}$$

$$14.112.000 \text{ segundos/año} \div 25 \text{ segundos/pieza} = \mathbf{564.480} \text{ piezas/año con una cavidad}$$

Por lo tanto con una sola cavidad sería suficiente. Incluso, se superaría nuestro objetivo de producción, pero hay que tener en cuenta que también se producen paros por mantenimiento imprevistos en los que el molde no está produciendo, por lo que siempre es aconsejable dejar un margen.

Pero aunque la teoría diga que con una cavidad es suficiente, es mucho más práctico y económico para la empresa inyectora, que el molde tenga el máximo de cavidades posibles, en este caso el molde será de 2 cavidades.

Las máquinas inyectoras tienen un tamaño determinado, con lo que los moldes que van dentro de ellas también deben adaptarse a un determinado tamaño. Así que, con una pieza de esas dimensiones solo caben 2 cavidades en el molde.

Calculamos cuanto tiempo necesita la empresa inyectora para producir las 360.000 piezas anuales.

$$360.000 \times 25 \text{ seg} = 9.000.000 \text{ segundos}$$

$$9.000.000 / 3600 = 2.500 \text{ horas necesita para fabricar la producción anual}$$

Todo esto dividido por 16 horas, que son las horas que trabaja esta máquina al día

$$2.500 / 16 = 156,25 \text{ días necesarios para fabricar la producción anual}$$

$$245 \text{ días año producción} - 156,25 \text{ días} = 88,75 \text{ días laborales que le sobran}$$

De este modo la empresa inyectora, dispondrá de más o menos de cuatro meses y medio para usar la máquina inyectora en la fabricación de otra pieza de plástico con otro molde. Optimizando las horas de la máquina, consiguiendo así mayores y mejores niveles de productividad.

Por todo ello, nuestro molde se fabricará de 2 cavidades.

#### 4.- DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE CIERRE

Se define primero a la fuerza de cierre como la fuerza que debe aportar la máquina de inyectora para mantener el molde cerrado durante la fase de inyección del material. Para su cálculo se tiene la siguiente expresión:

$$F_c = P_i \times S_p$$

Esto manifiesta que conociendo la presión del material dentro del molde y el área de la superficie proyectada puede establecerse la fuerza de cierre necesaria. La distribución de presión dentro del molde no es uniforme ya que al producirse el llenado del molde, el material comienza a enfriarse y no se comporta hidráulicamente a la viscosidad del plastificado, sino que empieza a transmitir fuerzas para equilibrar presiones.

Los cálculos que se realizan son de máximas fuerzas de cierre pero que una correcta transformación puede disminuirlas. Los parámetros utilizados para este cálculo son:

***Ep***: espesor mínimo de pared (mm)

***Rf***: longitud del recorrido de flujo (mm)

***Sp***: superficie proyectada de la pieza (cm<sup>2</sup>)

***Fc***: fuerza de cierre necesaria (KN)

**$P_i$** : presión interior molde (bar)

**$F_f$** : factor de fluidez del material

Se define al Recorrido de flujo, a la máxima distancia recorrida por el flujo de material medida desde el punto de inyección o entrada del molde hasta el extremo más alejado de la pieza. En nuestro caso esta distancia es de unos 600 mm.

Es importante para el diseñador determinar cuáles son los recorridos de flujo, así como el espesor de pared promedio. Para la mayoría de los diseños, esta medida se determina de una manera práctica como el promedio de los espesores del producto o pieza a inyectar requerido. La pieza a inyectar en este molde tiene un espesor medio de 2 mm.

La superficie proyectada es la proyección de la pieza inyectada paralelo a las caras de los porta moldes. En piezas con muchas escalas, desviaciones en el flujo de la masa, así como materiales de baja fluidez, se debe aumentar las presiones interiores del molde que resulten de las relaciones dimensionales.

En estos casos (la inmensa mayoría), se debe multiplicar la presión teórica obtenida del diagrama correspondiente por el Factor de fluidez del material plástico.

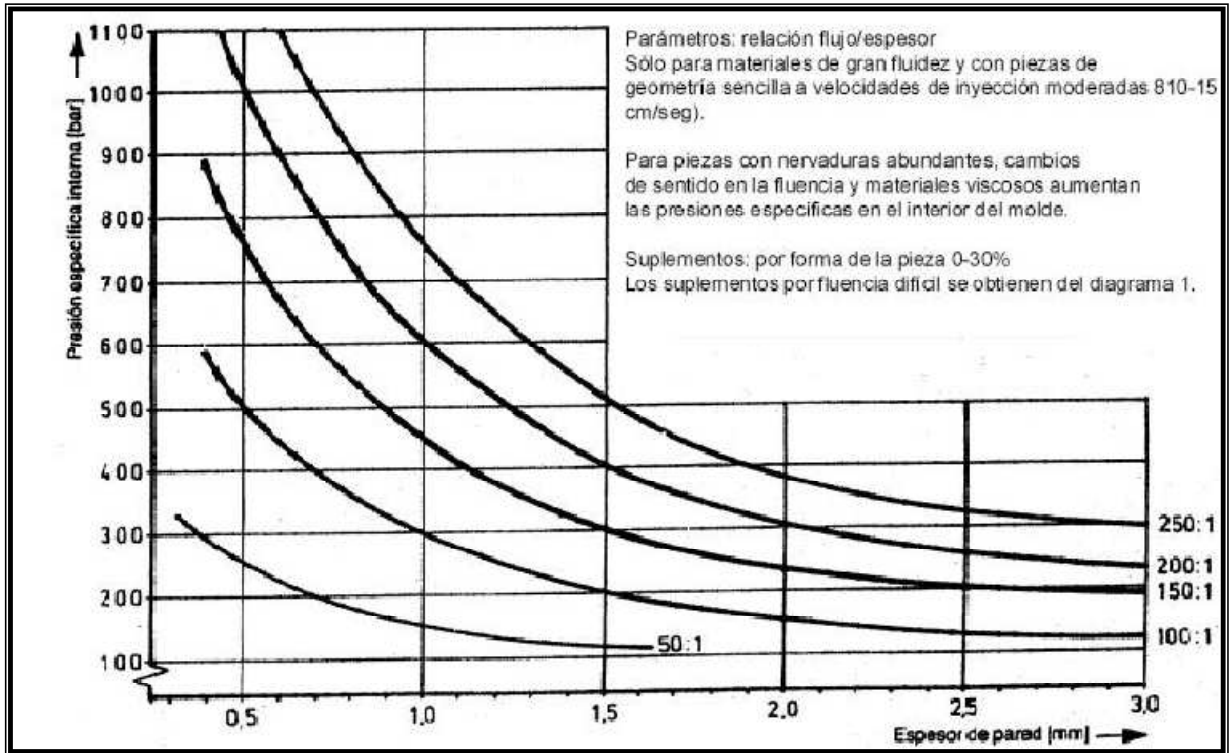
Los pasos a seguir para el cálculo de la fuerza de cierre son los siguientes:

1. Determinación de la superficie proyectada en  $\text{cm}^2$ . Con la aplicación del software **SOLIDWORKS**® del croquis, y en base a los resultados obtenidos, el área proyectada por cada pieza es de  $38,19 \text{ cm}^2$ , y como son dos piezas suman  $76,38 \text{ cm}^2$ . A esto hay que sumarle la colada, que es lo que queda de los canales de alimentación, cada uno tiene una superficie de  $13,5 \text{ cm}^2$ , con lo que entre los dos suman  $27 \text{ cm}^2$ . Con todo esto el total de la superficie proyectada es de  $103,38 \text{ cm}^2$  (Sp).
2. Cálculo de la relación  **$R_c$** , se obtiene como el cociente entre el recorrido de flujo y el espesor de pared.  **$R_c = R_f / E_p$** , como datos se tiene:

$$R_c = 600 / 2 = 300$$

3. En el diagrama presión interior molde - espesor de pared, se determina el valor de la presión interior correspondiente a la relación obtenida, como muestra en el gráfico d abajo (*Relación entre la presión interior del molde –  $R_c$  (recorrido de flujo / espesor)*). Entonces de los datos de la tabla se obtiene que la presión específica interior en el molde para un espesor de 2 mm y una relación  $R_c$  de 300 es:

$$P_{i_{exp}} = 500 \text{ bar}$$



4. Multiplicar el valor de la presión interior del molde resultante por el factor de fluidez correspondiente al material a inyectar, determinado en el cuadro de abajo (*Factor de fluidez o viscosidad de algunos materiales*). El factor de fluidez del PP es:  $F_f = 1,2$

RESINA	FACTOR POR VISCOSIDAD
GPPS (PS)	1
PP	1 – 1.2
PE	1 – 1.3
Nylons (PA6 or PA66), POM	1.2 – 1.4
Cellulosics	1.3 – 1.5
ABS, ASA, SAN	1.3 – 1.5
PMMA	1.5 – 1.7
PC, PES, PSU	1.7 – 2.0
PVC	2

Por tanto se resuelve que la presión en el interior del molde es:

$$P_i = P_{i_{esp}} \times F_f$$

$$P_i = 500 \times 1,2$$

$$P_i = 600 \text{ bar}$$

Ahora de los datos preliminares, se cuantifica cual es la fuerza de cierre para el proceso:

$$F_c = S_p \times P_i$$

Siendo:

$$S_p = 103,38 \text{ cm}^2 = 103,38 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,01034 \text{ m}^2$$

$$P_i = 600 \text{ bar} = 600 \times 10^5 \text{ Pa} = 6 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$F_c = 0,01034 \times 6 \times 10^7$$

$$F_c = 620.400 \text{ N} = 63.306,12 \text{ kg} = 63,3 \text{ ton}$$

Este valor corresponde a la fuerza mínima necesaria a aplicarse a este molde de dos cavidades para mantenerlo cerrado durante el proceso.

En el caso de que queramos, o necesitemos tener un mejor acabado superficial en la pieza a inyectar, habrá que aumentar esta presión de inyección hasta un 50%. En nuestro caso esta presión se incrementa en un 40%

$$F_c = 63,3 \times 1,40 = 88,6 \text{ ton}$$

De esta forma, y con esta presión de inyección, conseguimos un muy buen acabado superficial.

## 5.- CAPACIDADES MÍNIMAS DE LA MÁQUINA

Además de la fuerza de cierre, hay otros parámetros fundamentales que definen la capacidad mínima necesaria de la máquina inyectora, en los diferentes grupos que la componen, y que en cualquier caso, deberán estar por encima de las necesidades del molde, los parámetros de capacidad a considerar son:

- a) fuerza de cierre necesaria en la máquina.
- b) volumen máximo de inyección.
- c) capacidad de plastificación.



## 5.1.- Fuerza de cierre necesaria en la máquina

Para el cálculo de la **fuerza de cierre** necesaria de la máquina, esta se define con la siguiente expresión:

$$F_{C_{máquina}} = \frac{F_{C_{molde}}}{0,75} \rightarrow \frac{63,3}{0,75} = 84,4 \text{ toneladas}$$

Con lo que esta es la fuerza de cierre mínima necesaria de la máquina inyectora.

## 5.2.- Volumen máximo de inyección

Se describe como el volumen máximo de material que puede ser inyectado al molde en una embolada. Para esto se recomienda trabajar utilizando un porcentaje entre el 20 - 80% del volumen máximo de inyección de una máquina.

La relación Volumen / Masa de material viene determinada por el producto del volumen por un factor de conversión específico para cada material que es función de su densidad específica y su compresibilidad, como se muestra a continuación

### *Factor de conversión específica de algunos polímeros*

Material / Material	Factor / Factor	Material / Material	Factor / Factor
ABS	0,88	PP + 20 % Talc/Talco	0,85
CA	1,02	PP + 40 % Talc/Talco	0,98
CAB	0,97	PP + 2Q % GF/GF	0,85
PA	0,91	PS/PS	0,91
PC	0,97	u-PVC/PVC - duro	1,12
PE	0,71	Soft-PVC/PVC - blando	1,02
PMMA	0,94	SAN	0,88
POM	1,15	SB	0,88
PP	0,73	PF	1,3
		UP	1,6

Para determinar el volumen máximo de inyección necesaria para realizar esta pieza se debe obtener el peso del volumen a inyectar, que para el caso en estudio es igual a la suma del peso de los productos más el peso de la colada, o los canales de alimentación

### *Peso Volumen Inyectado = Peso piezas + Peso colada*

El peso del plástico inyectado es determinado mediante el análisis realizado por el software **SOLIDWORKS®**. Determina que se inyecta  $379,9 \text{ cm}^3$  y sabiendo que la densidad del PP es  $0,9 \text{ gr/cm}^3$ , da como resultado 342 gr de PP inyectado en cada ciclo.

Usando estos valores la expresión para calcular el volumen máximo de inyección de la máquina es:

$$V_{max} = \frac{P_{inyectado}}{fc \times 0,8}$$

Donde:

**$P_{inyectado}$**  = el peso del volumen inyectado

**$fc$** : factor de conversión, en el PP es 0,73

$$V_{max} = \frac{342}{0,73 \times 0,8} = 585,6 \text{ cm}^3$$

Con lo cual, el volumen de inyección debe estar entre los 379,9 y los 585,6 cm<sup>3</sup>.

### 5.3.- Capacidad de plastificación

Es la cantidad de material que podrá plastificar la máquina en condiciones de homogeneidad en un tiempo determinado. Este es un dato característico de cada máquina comparativo con otros plastificadores, normalmente referido al poliestireno (PS), que es de 341 gr.

La capacidad de inyección en una máquina se puede ajustar para diferentes materiales de la siguiente forma:

$$CI_{PP} = CI_{PS} \times \left( \frac{\text{Densidad PP}}{\text{Densidad PS}} \right)$$

Donde:

**$CI_{PP}$**  = Capacidad de Inyección PP

**$CI_{PS}$**  = Capacidad de Inyección PS

$$CI_{PP} = 341 \times \left( \frac{0,9}{1,05} \right) = 292,3 \text{ gr}$$

Con lo cual la capacidad de plastificación de la máquina se estima en 292,3 gr de PP.

## 6.- DURACIÓN DEL CICLO DE INYECCIÓN

Es importante conocer el tiempo que tarda un ciclo de inyección, ya que permite establecer el número de unidades, sus costos y la rentabilidad de la producción. El tiempo total del ciclo es la suma de los siguientes tiempos:

El tiempo en vacío ( $t_v$ ), el tiempo de inyección ( $t_i$ ), el tiempo de solidificación y compactación.

Para conocer estos tiempos se podrían revisar fórmulas empíricas desarrolladas en base a experiencias y pruebas. Otra forma de conocer los tiempos en el proceso de inyección es utilizando un programa de análisis del proceso. El uso de *MOLDFLOW* se basa en la generación de mallas para elementos finitos, permitiendo que modelos sólidos de CAD en 3D sean analizados directamente, eliminando el tiempo utilizado en el paso de la creación de un modelo tradicional de análisis de fibra neutra (midplane). Esta tecnología puede ahorrar horas, días y semanas de preparación del modelo y permite el análisis de todas las partes que forman el diseño.

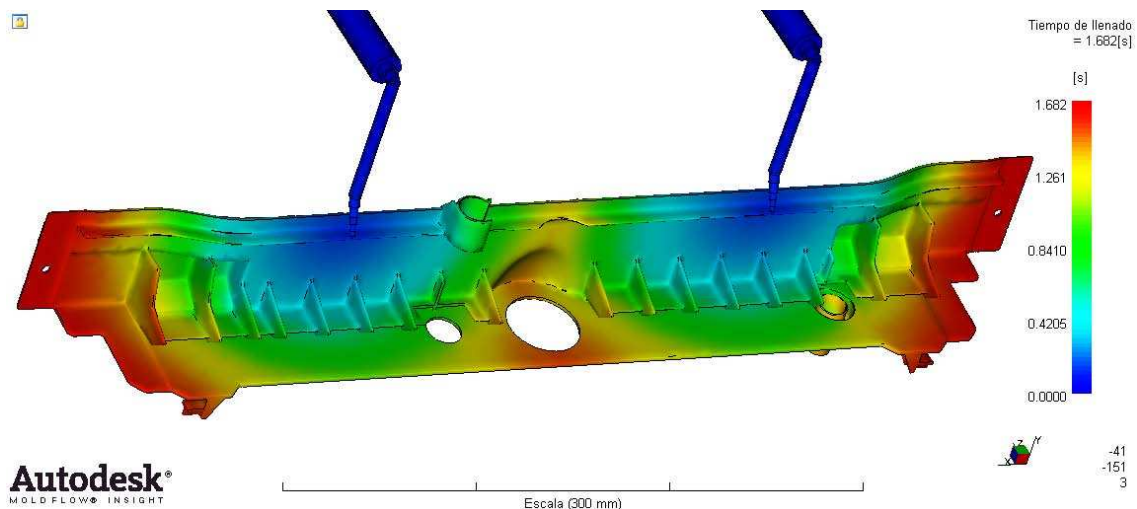
## 6.1.- Tiempo en vacío (tv)

Es el tiempo comprendido al abrir y cerrar el molde, estos consumen el mismo tiempo. Este tiempo está comprendido de 3 a 5 segundos, este criterio se aplica en base al tamaño del molde y de la máquina inyectora utilizada.

## 6.2.- Tiempo de inyección (ti)

Es el tiempo necesario para que el material pase de la boquilla de la máquina a las cavidades del molde. Este tiempo puede estimarse entre el 5 y el 30% del tiempo de ciclo total.

Utilizando el modelo en el software *MOLDFLOW* para el tiempo de llenado, da como resultado el tiempo de llenado o inyección.



Como se puede ver, en nuestro caso es de más o menos 1,7 seg.

### 6.3.- Tiempo de enfriamiento mínimo

Este es el tiempo que necesita la pieza, como mínimo, para enfriarse de tal forma como para ser expulsada sin deformarse.

La estimación del tiempo de enfriamiento puede realizarse conociendo la temperatura de masa del material plástico ( $T_M=240^{\circ}\text{C}$ ), la temperatura media de desmoldeo de la pieza ( $T_E=80^{\circ}\text{C}$ ), la temperatura media de pared de la cavidad del molde ( $T_W=40^{\circ}\text{C}$ ), el espesor de la pared de la pieza ( $S=2\text{mm}$ ) y la difusividad térmica del polipropileno ( $\alpha=0,06\text{mm}^2/\text{seg}$ ) como vemos en la siguiente fórmula propuesta por Ballman y Shusman.

$$T_{min} = \frac{s^2}{\alpha\pi^2} \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \left( \frac{T_M - T_W}{T_E - T_W} \right) \right)$$

$$T_{min} = \frac{2^2}{0,06\pi^2} \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \left( \frac{240-40}{80-40} \right) \right) = 9,45 \text{ seg.}$$

### 6.4.- Tiempo de solidificación y compactación (ts)

Este tiempo transcurre entre el final de la inyección del material y el comienzo de la apertura del molde. En este tiempo se debe asegurar que el material ha solidificado y que al extraer la pieza, no se distorsione. Es el tiempo más largo del ciclo, llegando a alcanzar entre el 50 y el 85% del tiempo total. En el cual la máquina inyectora deja de inyectar material plastificado al molde e incrementa la presión para sostenerla durante el enfriamiento. Este tiempo ocurre simultáneamente en la solidificación del material plastificado.

Debe entenderse que este tiempo es teórico y sólo se utiliza para estimar el tiempo de enfriamiento requerido; por lo que el tiempo real deberá establecerse inyectando la pieza y mirando su calidad. Para obtener resultados confiables se toma el tiempo de la simulación en el software *MOLDFLOW* el cual se muestra en la tabla siguiente:

TIEMPO segundo	COMPACTACION %	PRESIÓN Mpa	F. CIERRE tonelada	ESTADO
1,78	0,39	40,00	135,25	P
3,59	5,55	40,00	137,44	P
5,34	10,55	40,00	125,01	P
7,09	15,55	40,00	112,01	P
8,84	20,55	40,00	84,99	P
10,59	25,55	40,00	64,28	P
12,34	30,55	40,00	48,12	P
14,09	35,55	40,00	36,66	P
15,84	40,55	40,00	27,32	P

Como vemos en la tabla, calculada por medio del programa *MOLDFLOW*, el tiempo de compactación necesario es de 15,84 segundos, necesitándose más presión que en la parte de inyección del mismo. En este periodo la pieza esta enfriándose, como este tiempo es mayor que los 9,45 seg. que necesita para tal efecto, no habrá que esperar más de los 15,84 segundos.

## 6.5.- Tiempo total de un ciclo de inyección

El tiempo total del ciclo de inyección se define como la suma de los tiempos de apertura y cierre del molde ( $t_v$ ), el tiempo de inyección o llenado de las cavidades ( $t_i$ ) y el tiempo de solidificación y compactación, por lo que el tiempo total del ciclo ( $T_t$ ) será:

$$T_t = t_v + t_i + t_s$$

Con los datos anteriores el tiempo total

$$T_t = 5 + 1,68 + 15,84$$

$$T_t = 22,52 \text{ segundos por ciclo de inyección}$$

En el apartado 3.2 nos daba el tiempo de inyección en unos 25 segundos, ese caso era para realizar una estimación de partida para empezar el diseño del molde.



# **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

Titulación:

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO**

Título del proyecto:

## **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECTAR PIEZA DE PLÁSTICO**

### **PLANOS**

Fernando, Andrés Simón

Miguel José Ugalde Barbería

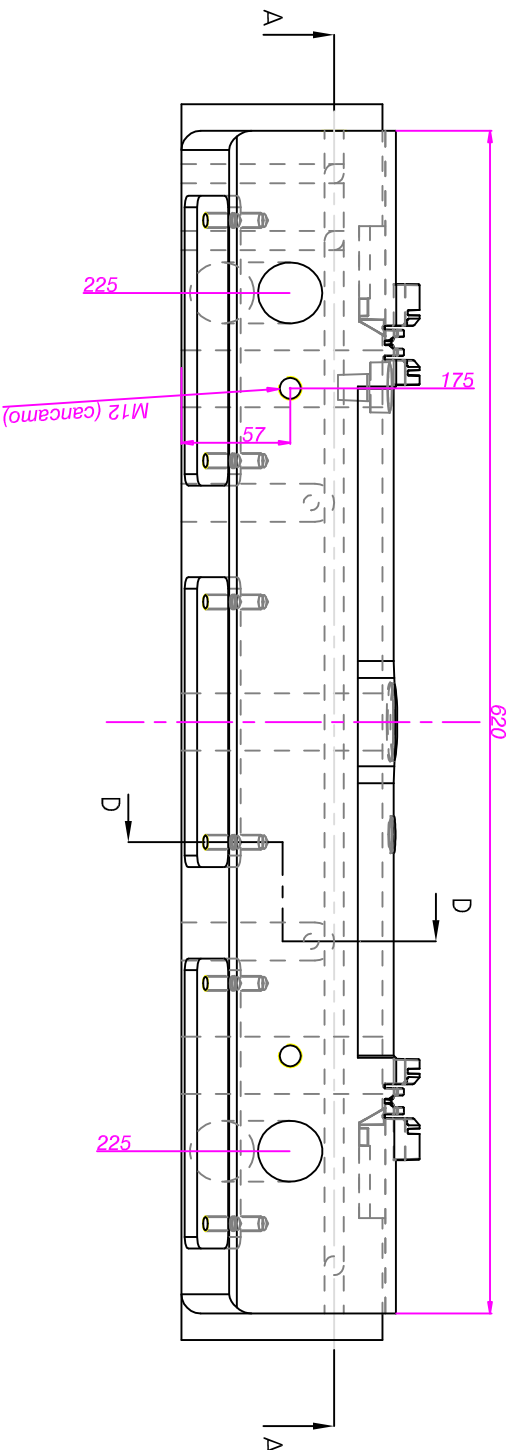
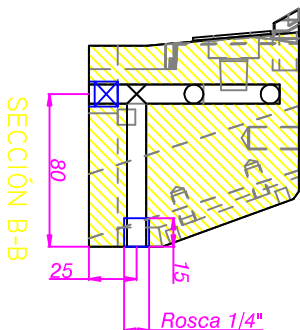
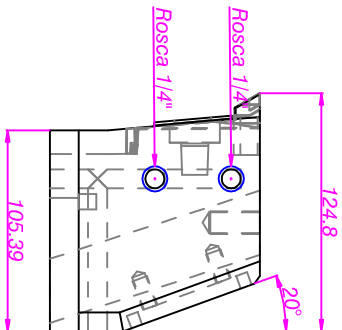
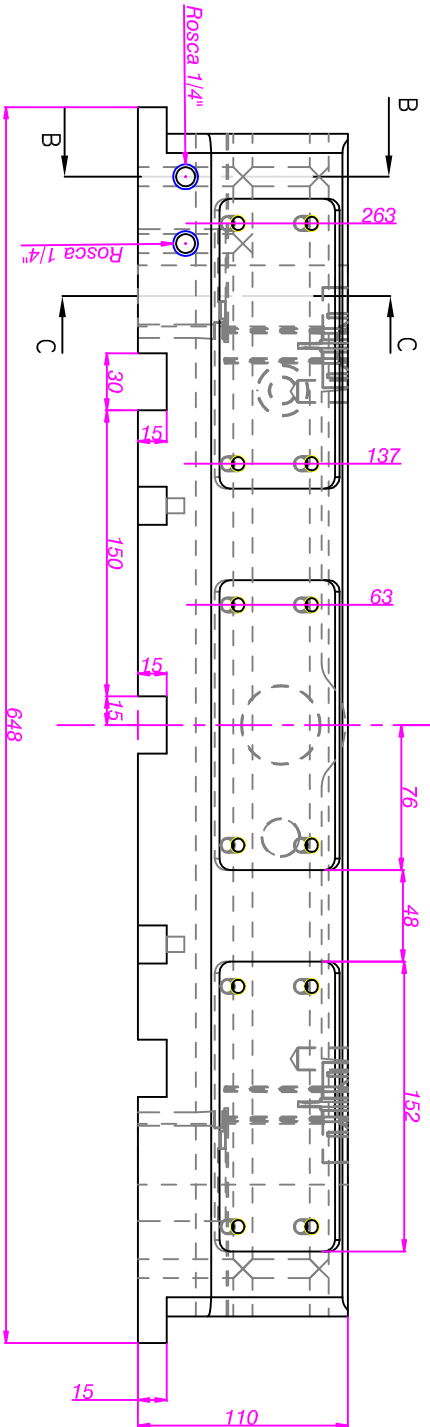
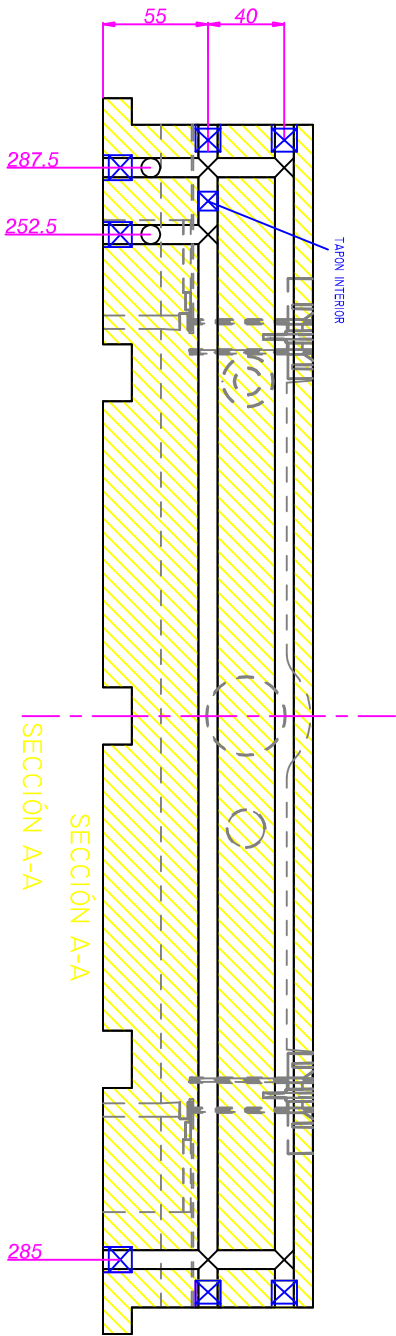
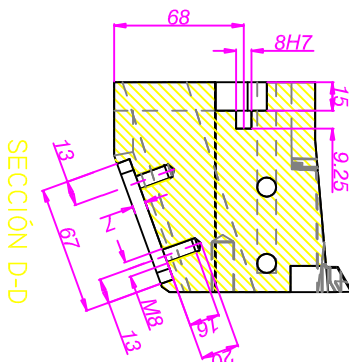
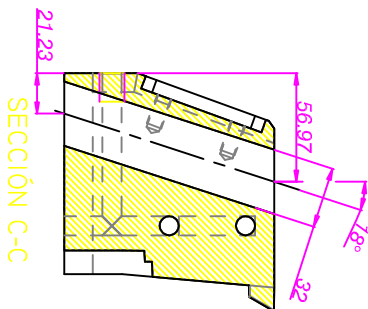
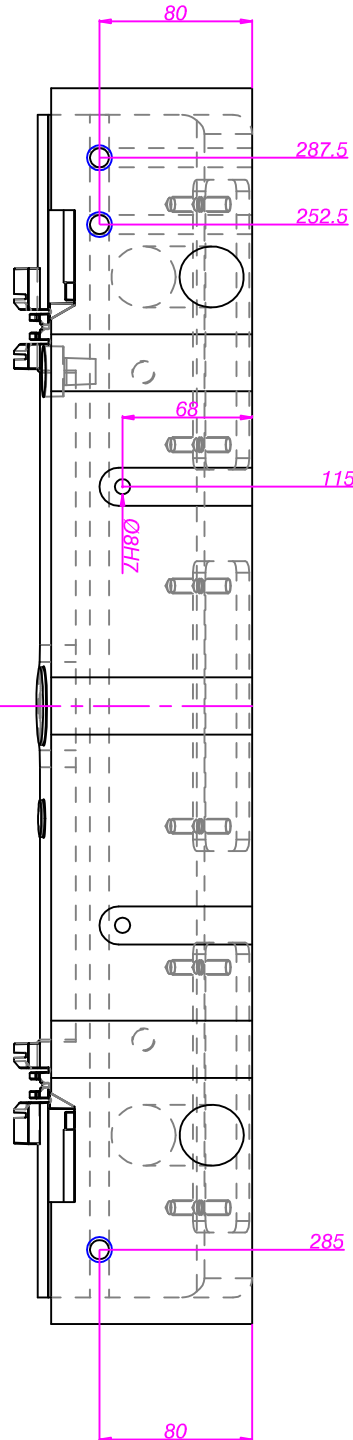
Pamplona, Septiembre de 2012




## INDICE

1. CORREDERA 1
2. PLACA MACHO
3. PLACA MACHO; TALADROS
4. PLACA MACHO; EXPULSIÓN
5. PLACA MACHO; REFRIGERACIÓN
6. REGLES
7. PLACA AMARRE MÓVIL
8. PLACA EXPULSORA
9. PLACA SUFRIDERA EXPULSIÓN
10. TACOS DE APOYO
11. TIRADOR DE EXPULSIÓN
12. EXPULSORES
13. REGLES CUÑA CORREDERA
14. REGLES LATERALES E INFERIORES CORREDERA 1
15. MOVIMIENTO 2; CORREDERA 2 + DESLIZADERA 2
16. MOVIMIENTO 3; CORREDERA 3 + DESLIZADERA 3
17. PLETINA FIN DE CARRERA
18. CHAVETA MOLDE
19. CUÑA MOVIMIENTO 2; CUÑA + REGLA 2
20. CUÑA MOVIMIENTO 3; CUÑA + REGLA 3
21. POSTIZO CAVIDAD

- 22. MOVIMIENTO CAVIDAD
- 23. TAPAS CILINDROS
- 24. PLACA CAVIDAD; TALADROS
- 25. PLACA CAVIDAD; CAJERAS
- 26. PLACA CAVIDAD; ALOJAMIENTO GUIA, ALOJAMIENTO CAMARA, CAJERA HIDRAULICO
- 27. PLACA CAVIDAD; CANAL REFRIGERACIÓN 1
- 28. PLACA CAVIDAD; CANAL REFRIGERACIÓN 2
- 29. PLACA PORTACAMARA; TALADROS Y REGATAS CAMARA CALIENTE
- 30. PLACA PORTACAMARA; REGATAS SALIDAS TUBOS, CABLES MOVIMIENTOS HIDRAULICOS CAVIDAD
- 31. PLACA PORTACAMARA
- 32. ARO CENTRADOR Ø125
- 33. PLACA AISLANTE
- 34. PLANO DE CONJUNTO; PARTE FIJA MOLDE
- 35. PLANO DE CONJUNTO; PARTE MÓVIL MOLDE

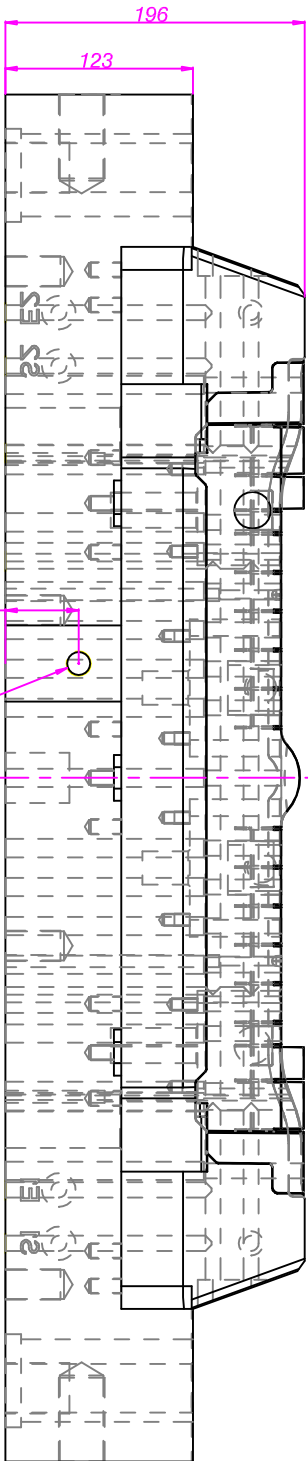


Tolerancias no especificadas			
0,5 a 6	±0,1		
6 a 30	±0,2		
30 a 120	±0,3		
120 a 400	±0,5		
400 a 1000	±0,8		
mas de 1000	±1,2		

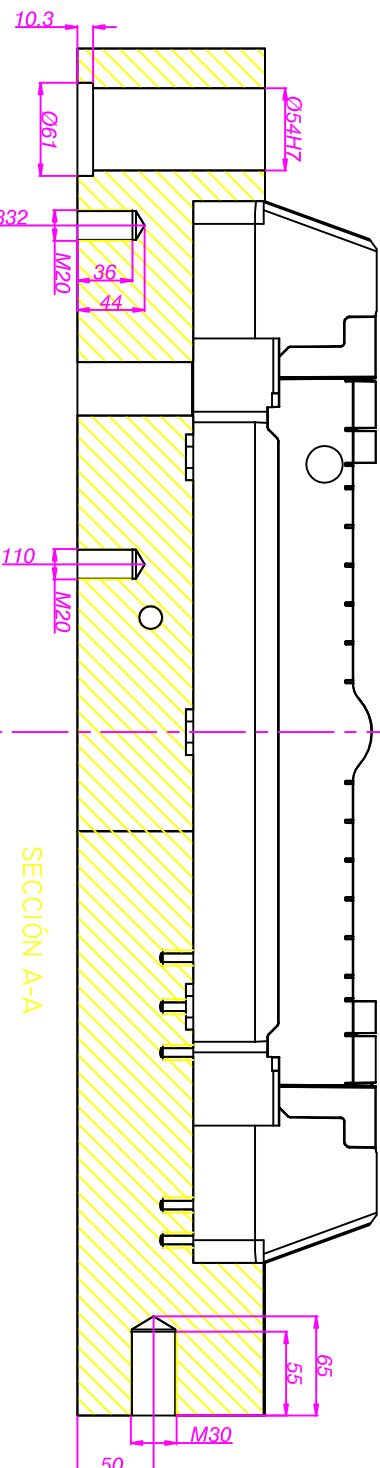
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	

PROYECTO: <b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b>		REALIZADO: <b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b>	
--	--	---	--

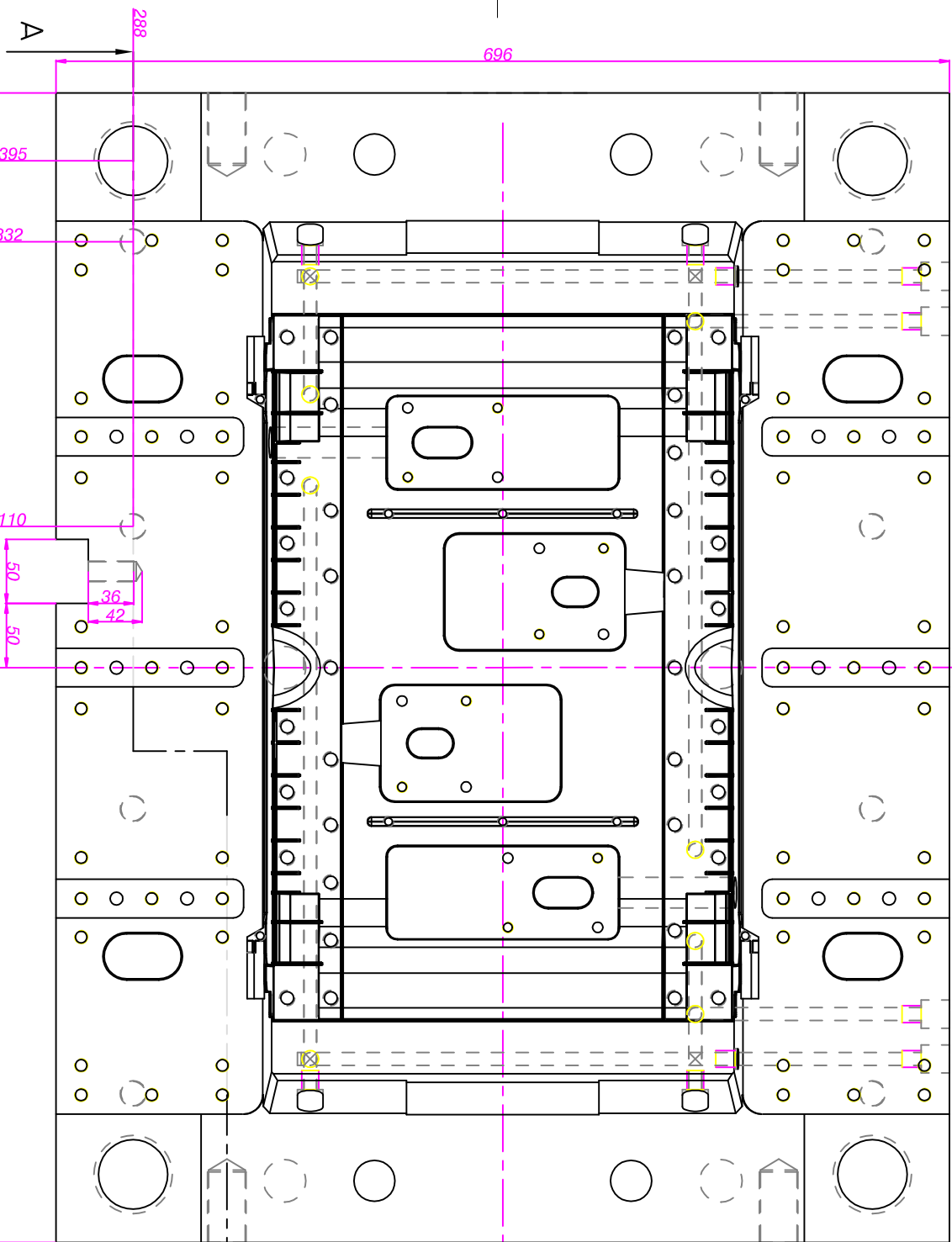
PLANO:	CANTIDAD:	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO
<b>CORREDERA 1</b>	<b>2</b>	<b>29-03-12</b>	<b>1/4</b>	<b>01</b>



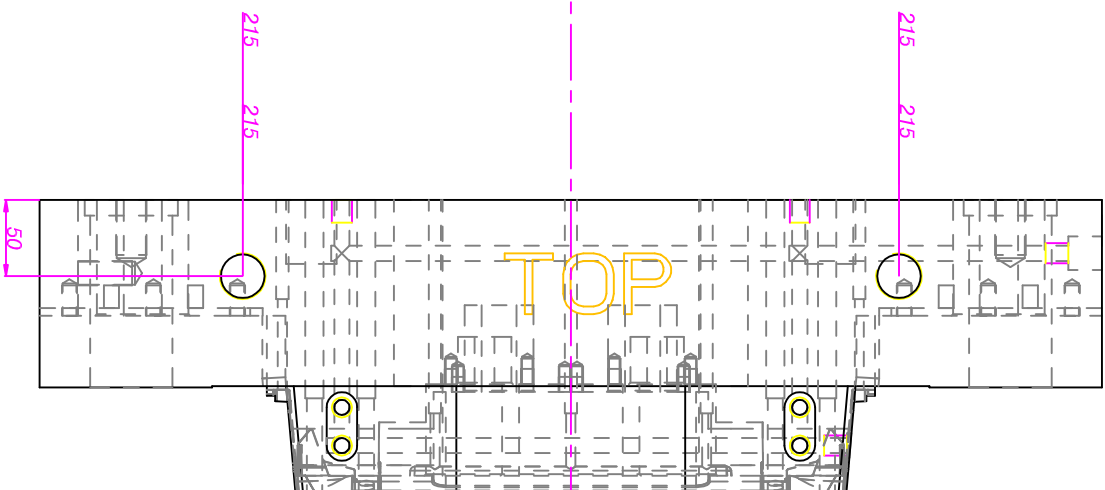
M16



SECCIÓN A-A



A



TOP

Tolerancias no especificadas	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2

Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE  
PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO

REALIZADO:

ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO

FIRMA:

PLANO:

PLACA MACHO

CANTIDAD:

1

FECHA:

29-03-12

ESCALA:

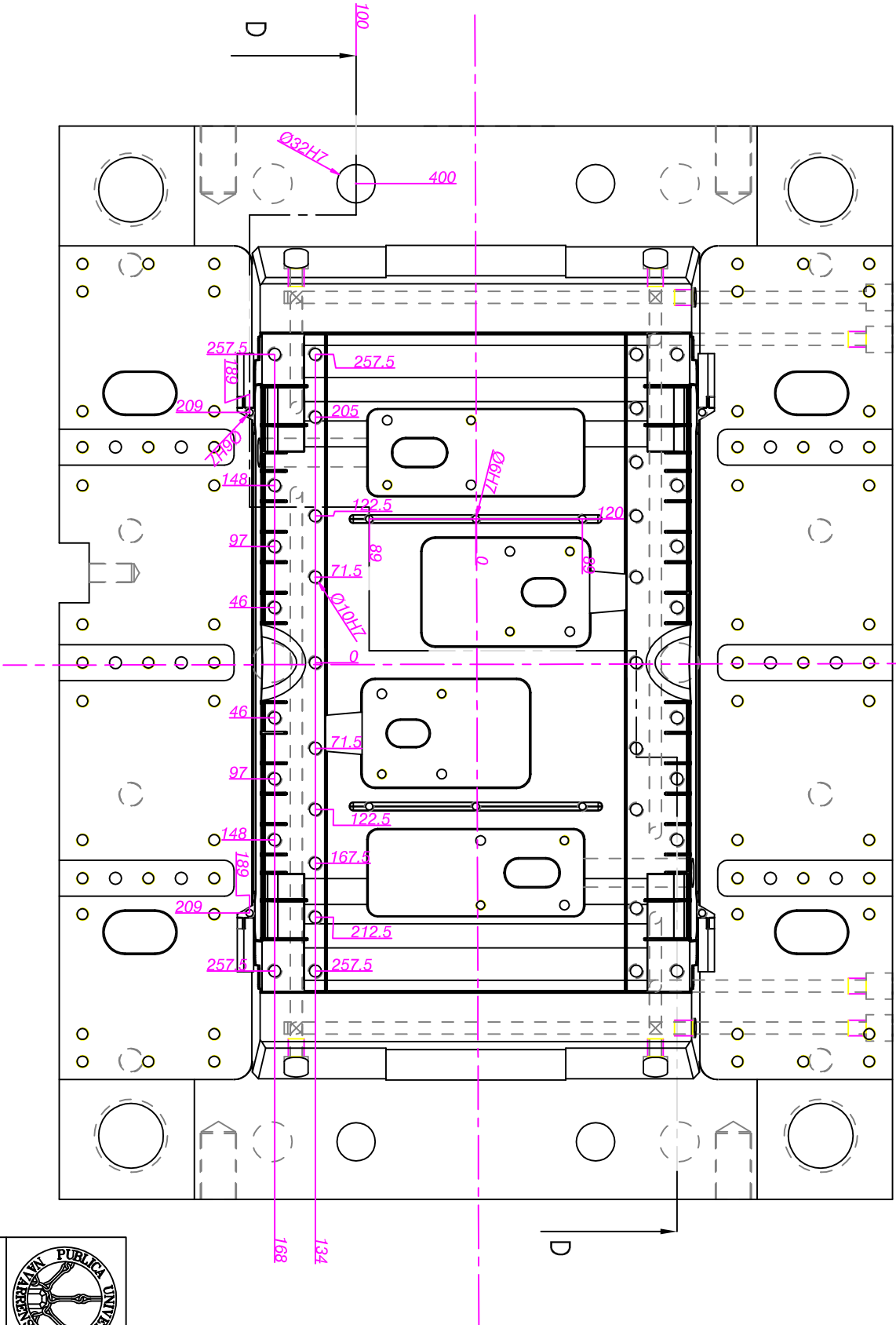
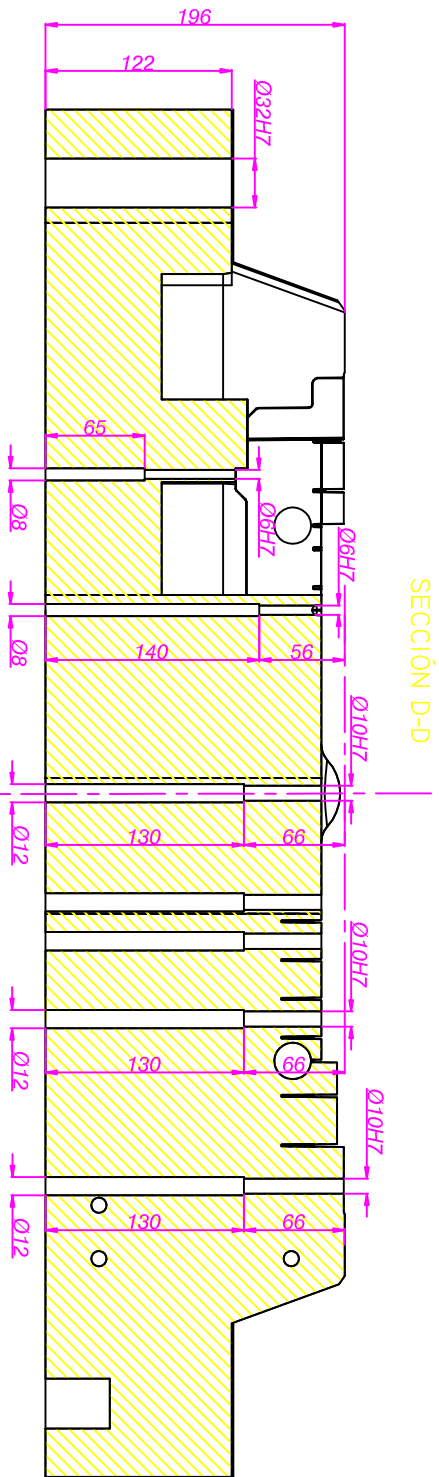
1/5

Nº PLANO

02

Todos los derechos reservados.  
Eskubide guztiak erresalbatu dira





¡OJO! LA EXPULSION NO ES COMPLETAMENTE SIMETRICA EN X  
DE UNA CAVIADAD A OTRA ESTA GIRADA 180º RESPECTO X=0 Y=0

Tolerancias no especificadas	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2

Universidad Pública de Navarra		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
Nafarroako Unibertsitate Publikoa		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.			
PROYECTO:				REALIZADO:	
DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO				ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO	
PLANO:		CANTIDAD:	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO
PLACA MACHO EXPULSIÓN		1	29-03-12	1/5	04

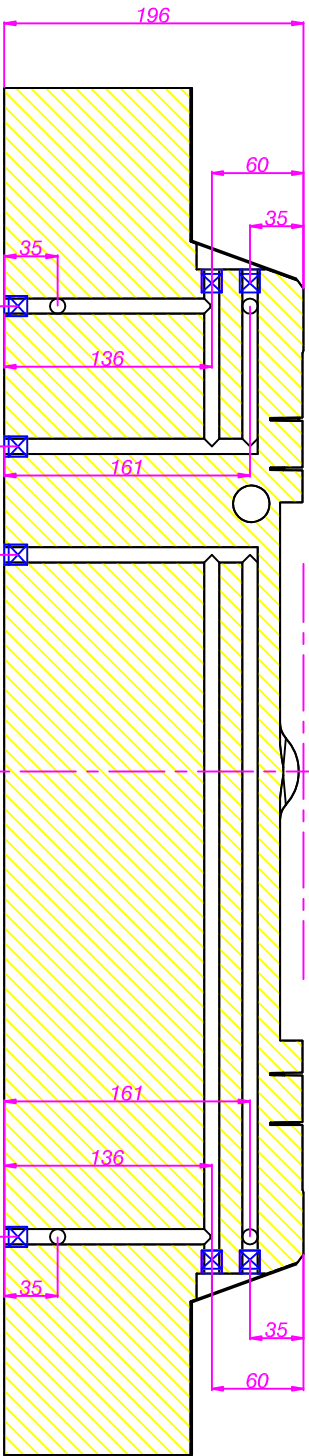
unna

Todos los derechos reservados.  
Eskubide guztiak erresalbatu dira

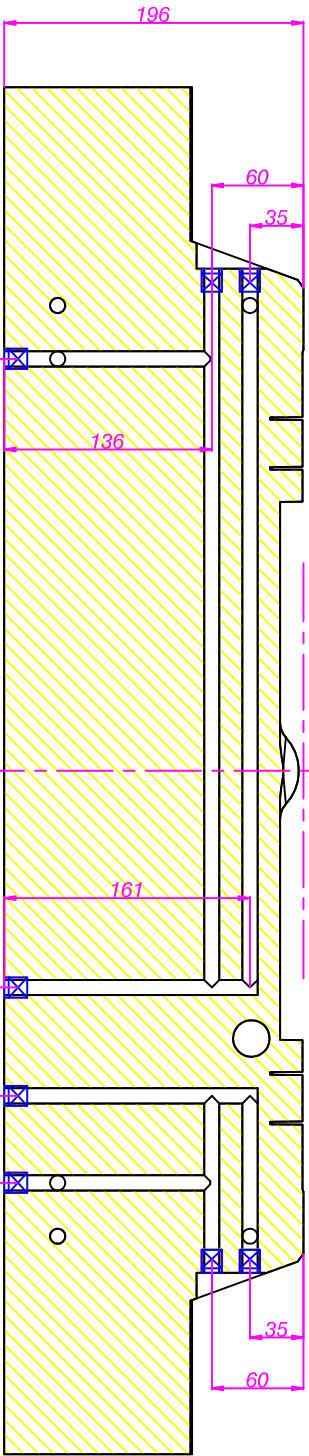


CANALES REFRIGERACION Ø10

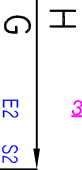
☒ DONDE SE MARQUE ESTE SIMBOLO ROSCAR 1/4" PROFUNDIDAD 15 MM  
☒ POSTERIOR MENTE DEBERA PONERSE UN TAPON REFR. ROSCA CONICA 1/4"



SECCIÓN E-E

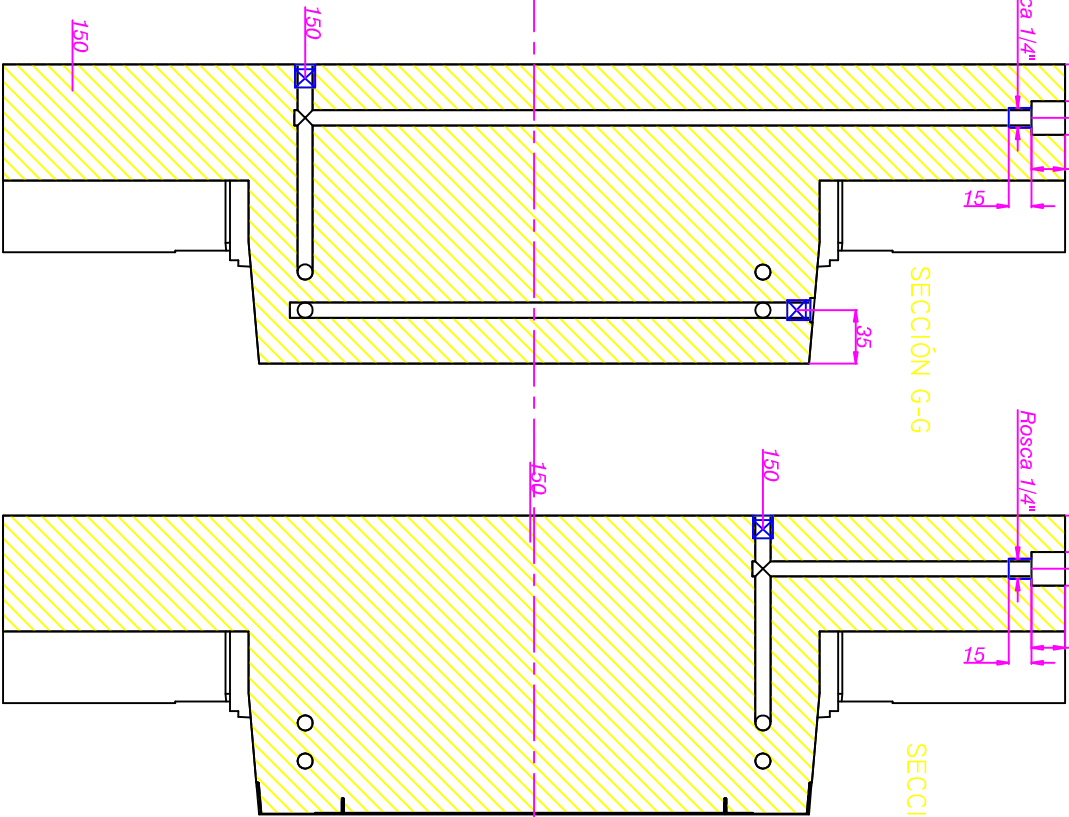
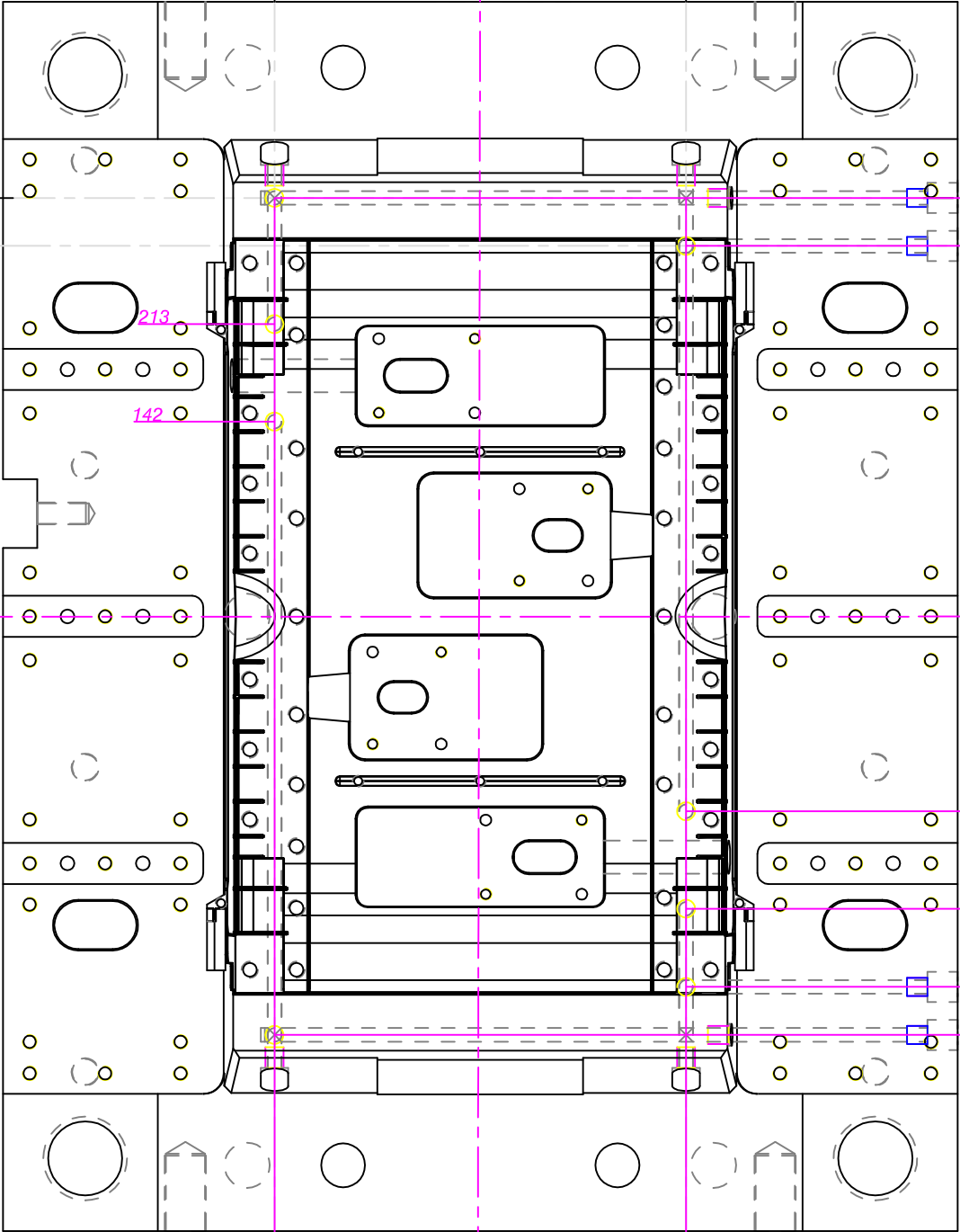


SECCIÓN F-F




SECCIÓN G-G

SECCIÓN H-H



Tolerancias no especificadas		
0,5 a 6	±0,1	
6 a 30	±0,2	
30 a 120	±0,3	
120 a 400	±0,5	
400 a 1000	±0,8	
mas de 1000	±1,2	

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	

PROYECTO:

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE  
PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO**

REALIZADO:

**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

FIRMA:

PLANO:

**PLACA MACHO REFRIGERACIÓN**

CANTIDAD:

**1**

FECHA:

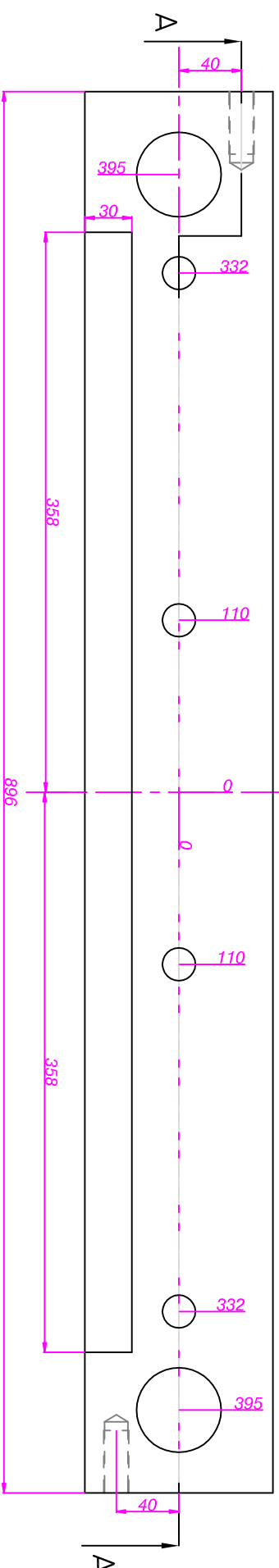
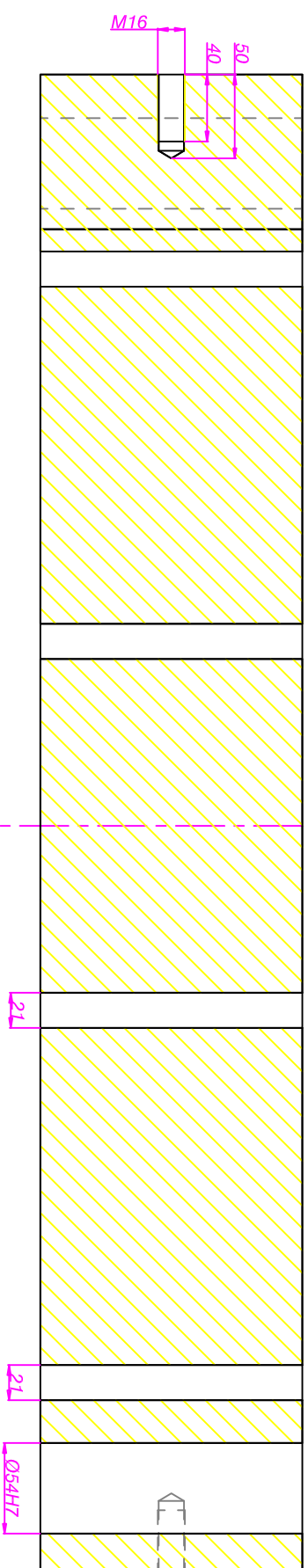
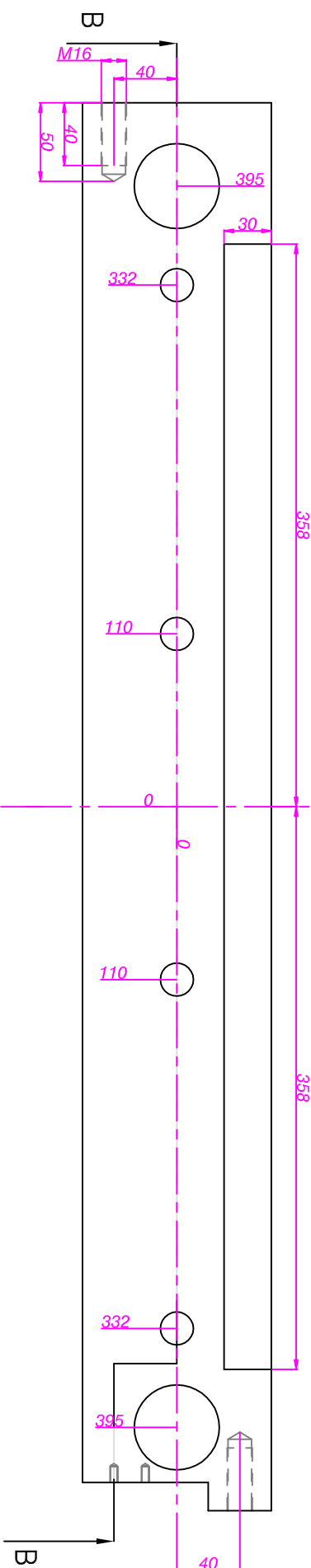
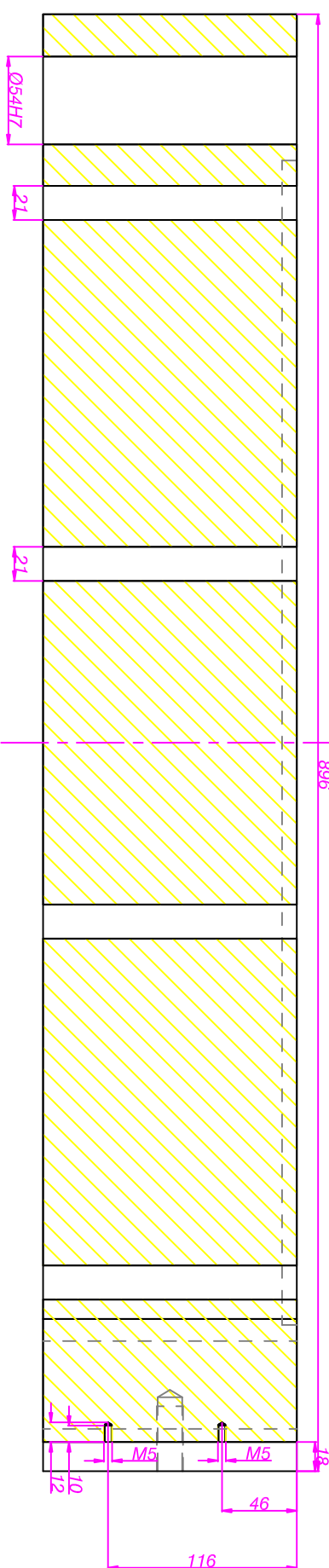
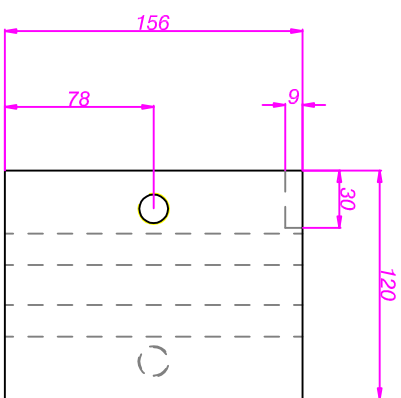
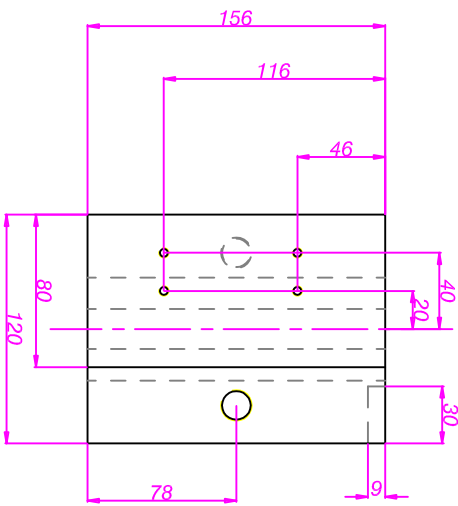
**29-03-12**

ESCALA:

**1/5**

Nº PLANO

**05**



Tolerancias no especificadas

Cotas de:	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2



**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

REALIZADO:

# DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO

**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

FIRMA:

PLANO:

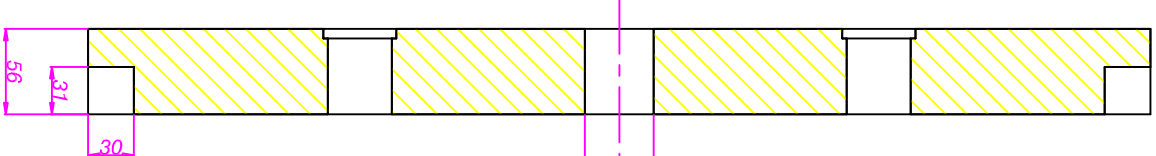
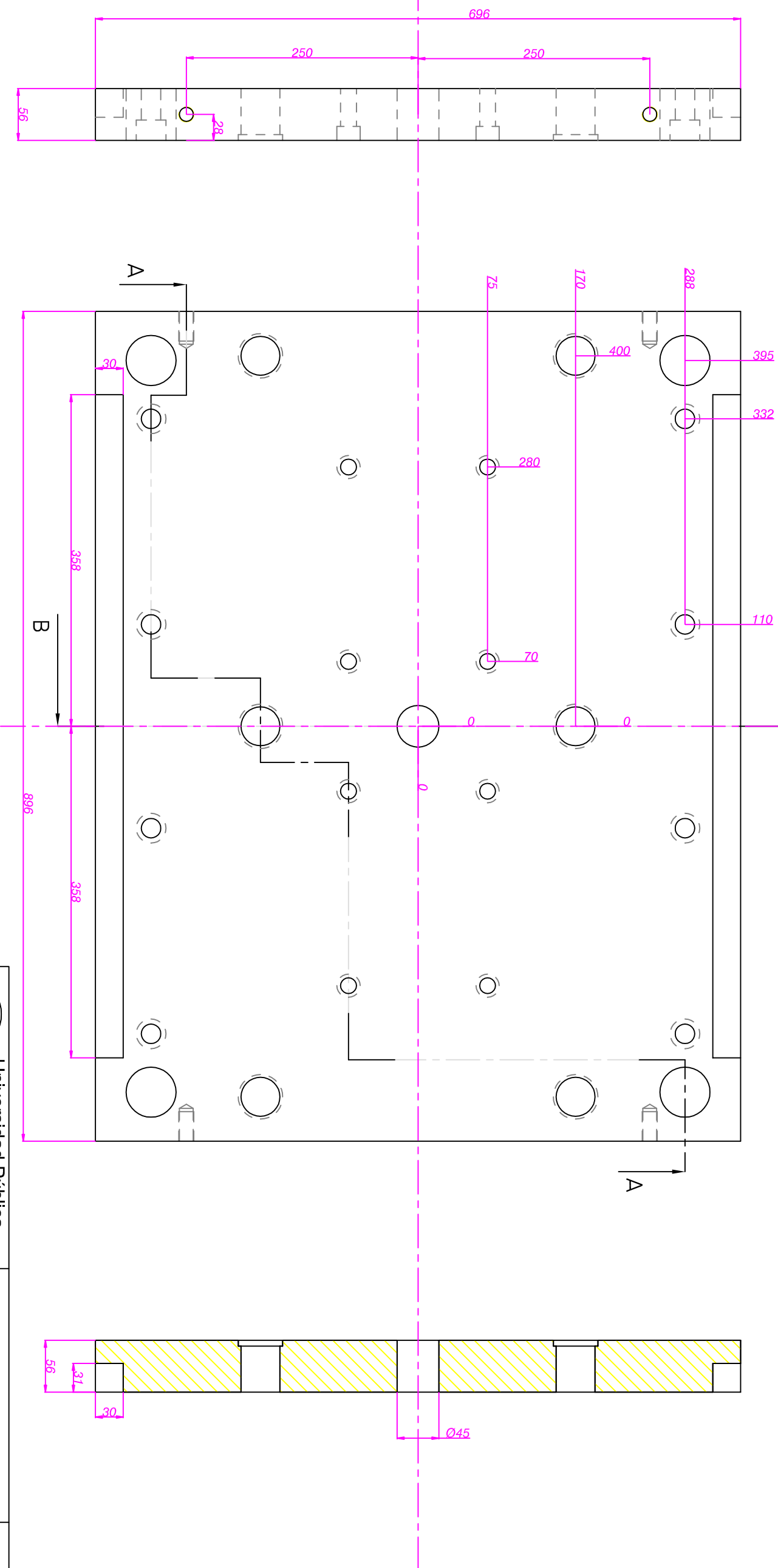
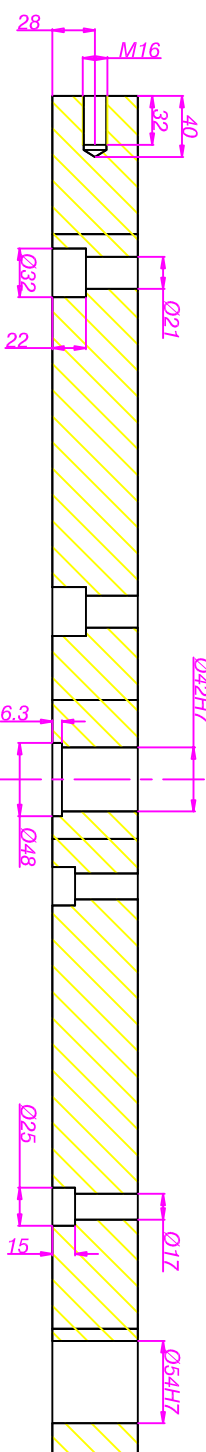
## REGLES

CANTIDAD:

FECHA:


1/4

Nº PLANO:



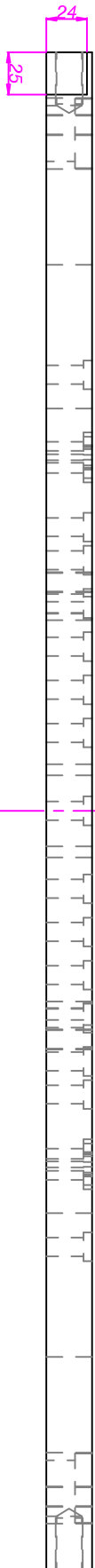
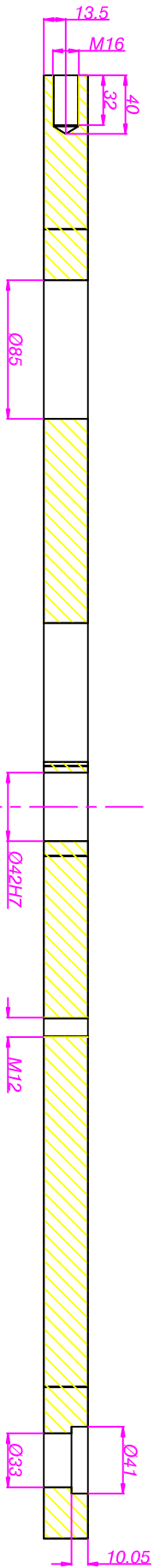
Tolerancias no especificadas

Cotas de:	
0,5 a 6	$\pm 0,1$
6 a 30	$\pm 0,2$
30 a 120	$\pm 0,3$
120 a 400	$\pm 0,5$
400 a 1000	$\pm 0,8$
mas de 1000	$\pm 1,2$

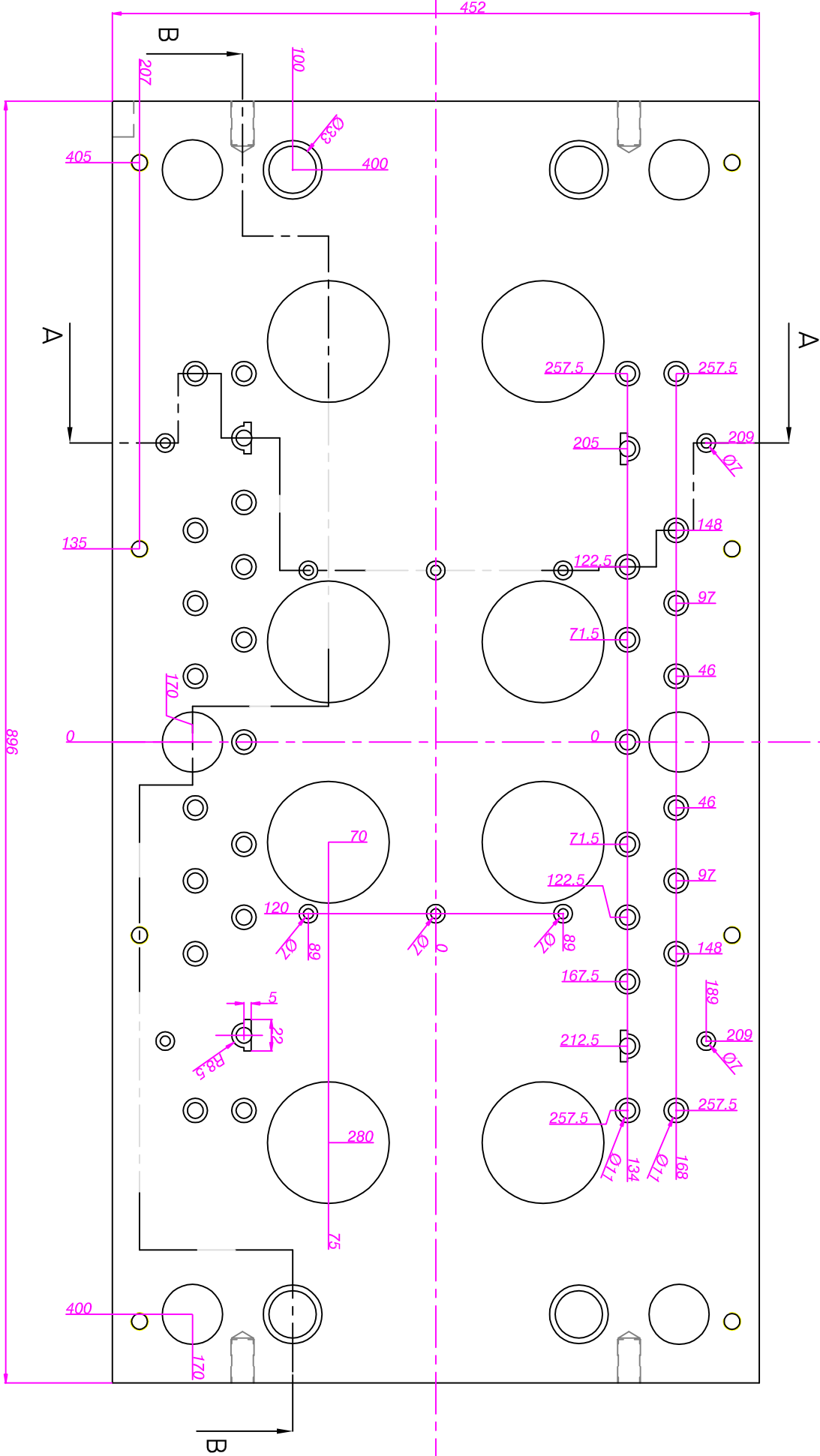
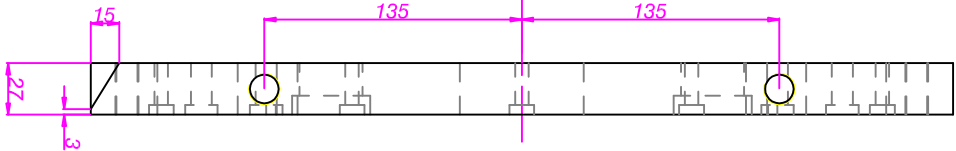
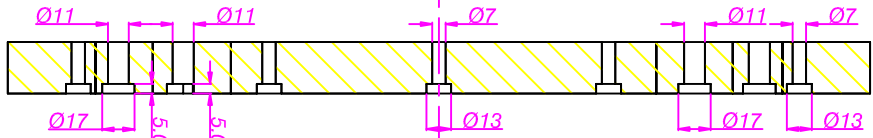
 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p>	<p>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</p>
	<p>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</p>	

<b>PROYECTO:</b>	<b>REALIZADO:</b>
<b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b>	<b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b>
<b>FIRMA:</b>	

PLANO:	CANTIDAD:	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
PLACA AMARRE MOVIL	1	29-03-12	1/5	07



SECCIÓN A-A



Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	±0.1
0.5 a 6	±0.2
6 a 30	±0.3
30 a 120	±0.5
120 a 400	±0.8
400 a 1000	±1.2
mas de 1000	±1.2

Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE  
PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO

REALIZADO:

ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO

FIRMA:

PLANO:

PLACA EXPULSORA

CANTIDAD:

1

FECHA:

29-03-12

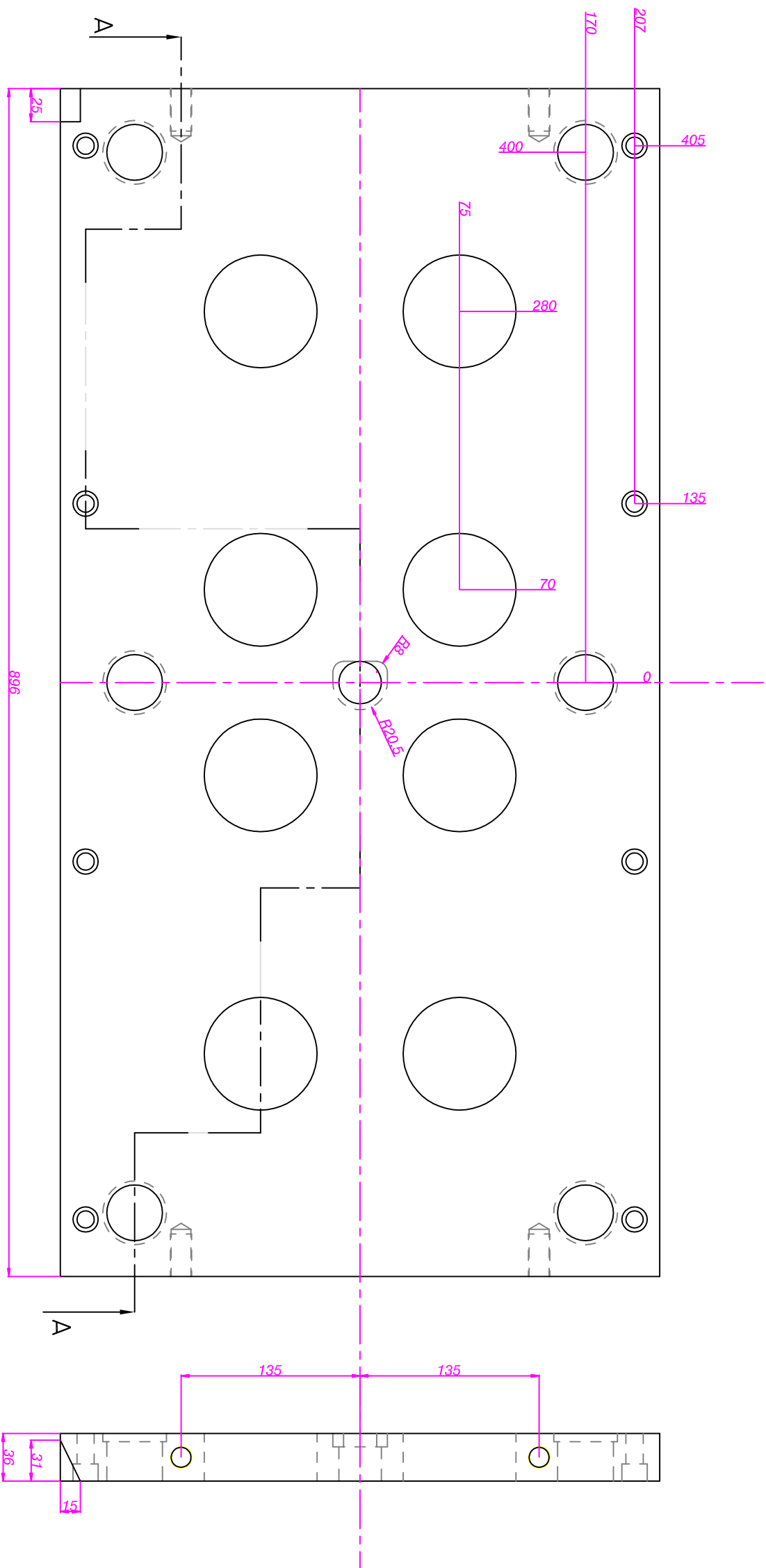
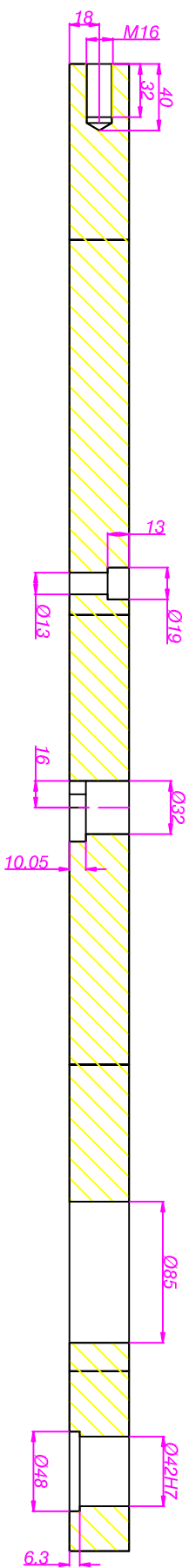
ESCALA:

1/4

Nº PLANO

08

Todos los derechos reservados.  
Eskubide guztiak erresalbatu dira



Tolerancias no especificadas

Cotas de:	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publiko

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

# DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO

**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

FIRMA:

PLANO:

## PLACA SUFRIDERA EXPULSIÓN

CANTIDAD:


FECHA:

ESCALA:

Nº PLANO:

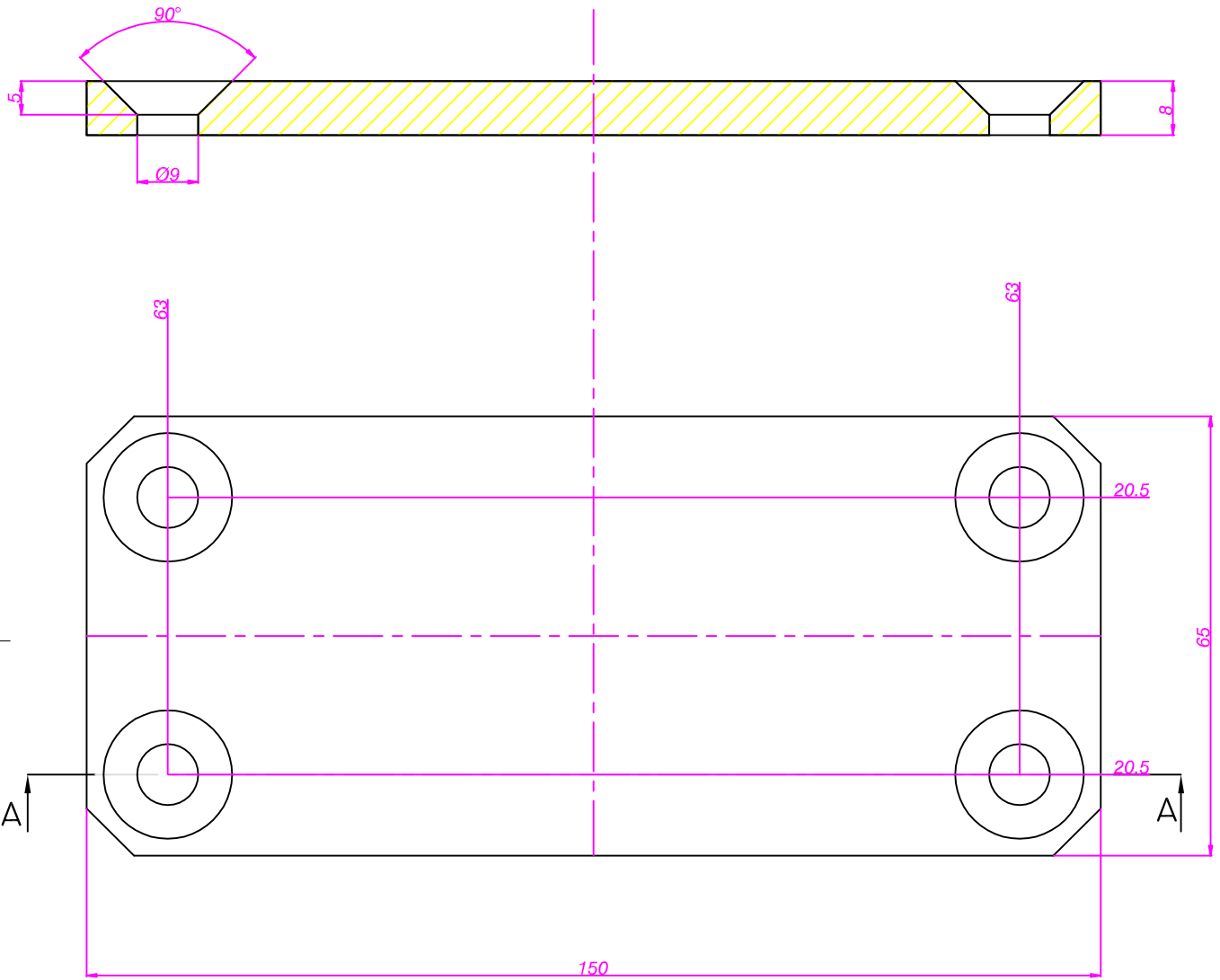
	1	2	3	4																
A																				
B																				
C																				
D																				
E	<div style="text-align: right;"> <p>SECCIÓN A-A</p> </div>																			
	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Tolerancias no especificadas</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Cotas de:</td> </tr> <tr> <td>0,5 a 6</td> <td>±0.1</td> </tr> <tr> <td>6 a 30</td> <td>±0.2</td> </tr> <tr> <td>30 a 120</td> <td>±0.3</td> </tr> <tr> <td>120 a 400</td> <td>±0.5</td> </tr> <tr> <td>400 a 1000</td> <td>±0.8</td> </tr> <tr> <td>mas de 1000</td> <td>±1.2</td> </tr> </table>				Tolerancias no especificadas		Cotas de:		0,5 a 6	±0.1	6 a 30	±0.2	30 a 120	±0.3	120 a 400	±0.5	400 a 1000	±0.8	mas de 1000	±1.2
Tolerancias no especificadas																				
Cotas de:																				
0,5 a 6	±0.1																			
6 a 30	±0.2																			
30 a 120	±0.3																			
120 a 400	±0.5																			
400 a 1000	±0.8																			
mas de 1000	±1.2																			
	<p> <b>Universidad Pública</b>  <b>de Navarra</b>  <i>Nafarroako</i>  <i>Unibertsitate Publikoa</i> </p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p> <p><b>INGENIERO</b> <b>TECNICO INDUSTRIAL M.</b></p>	<p>DEPARTAMENTO:</p> <p><b>DEPARTAMENTO DE ING.</b> <b>MECANICA, ENERGETICA</b> <b>Y DE MATERIALES</b></p>																	
	<p>PROYECTO:</p> <p><b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE</b> <b>PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b></p>		<p>REALIZADO:</p> <p><b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b></p>																	
F	<p>FIRMA:</p>																			
	<p><b>TACOS DE APOYO</b></p>	<p>CANTIDAD:</p> <p><b>8</b></p>	<p>FECHA:</p> <p><b>29-03-12</b></p>	<p>ESCALA:</p> <p><b>1/2</b></p>																
			<p>Nº PLANO:</p> <p><b>10</b></p>																	



	1	2	3	4																
A																				
B																				
C																				
D																				
E	<p style="text-align: right;">SECCIÓN A-A</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">Tolerancias no especificadas</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Cotas de:</td> </tr> <tr> <td>0,5 a 6</td> <td>±0.1</td> </tr> <tr> <td>6 a 30</td> <td>±0.2</td> </tr> <tr> <td>30 a 120</td> <td>±0.3</td> </tr> <tr> <td>120 a 400</td> <td>±0.5</td> </tr> <tr> <td>400 a 1000</td> <td>±0.8</td> </tr> <tr> <td>mas de 1000</td> <td>±1.2</td> </tr> </table>				Tolerancias no especificadas		Cotas de:		0,5 a 6	±0.1	6 a 30	±0.2	30 a 120	±0.3	120 a 400	±0.5	400 a 1000	±0.8	mas de 1000	±1.2
Tolerancias no especificadas																				
Cotas de:																				
0,5 a 6	±0.1																			
6 a 30	±0.2																			
30 a 120	±0.3																			
120 a 400	±0.5																			
400 a 1000	±0.8																			
mas de 1000	±1.2																			
F	 <p> <b>Universidad Pública</b>  <b>de Navarra</b>  <i>Nafarroako</i>  <i>Unibertsitate Publikoa</i> </p>		<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p> <p><b>INGENIERO</b> <b>TECNICO INDUSTRIAL M.</b></p>		<p>DEPARTAMENTO:</p> <p><b>DEPARTAMENTO DE ING.</b> <b>MECANICA, ENERGETICA</b> <b>Y DE MATERIALES</b></p>															
<p>PROYECTO:</p> <p><b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE</b> <b>PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b></p>			<p>REALIZADO:</p> <p><b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b></p>																	
<p>FIRMA:</p>																				
<p><b>TIRADOR SPULSIÓN</b></p>			<p>CANTIDAD:</p> <p><b>1</b></p>	<p>FECHA:</p> <p><b>29-03-12</b></p>	<p>ESCALA:</p> <p><b>1/1</b></p>															
<p><b>Nº PLANO:</b></p> <p><b>11</b></p>																				

	1	2	3	4												
A																
B																
B																
C																
C																
D																
D																
E																
				<p>Tolerancias no especificadas</p> <p>Cotas de:</p> <table border="1"> <tr> <td>0,5 a 6</td> <td>±0.1</td> </tr> <tr> <td>6 a 30</td> <td>±0.2</td> </tr> <tr> <td>30 a 120</td> <td>±0.3</td> </tr> <tr> <td>120 a 400</td> <td>±0.5</td> </tr> <tr> <td>400 a 1000</td> <td>±0.8</td> </tr> <tr> <td>mas de 1000</td> <td>±1.2</td> </tr> </table>	0,5 a 6	±0.1	6 a 30	±0.2	30 a 120	±0.3	120 a 400	±0.5	400 a 1000	±0.8	mas de 1000	±1.2
0,5 a 6	±0.1															
6 a 30	±0.2															
30 a 120	±0.3															
120 a 400	±0.5															
400 a 1000	±0.8															
mas de 1000	±1.2															
F	<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>		<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p> <p><b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b></p>													
<p>PROYECTO:</p> <p><b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b></p>			<p>DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b></p>													
<p>REALIZADO:</p> <p><b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b></p>			<p>FIRMA:</p>													
<p><b>EXPULSORES</b></p>		<p>CANTIDAD:</p> <p><b>X</b></p>	<p>FECHA:</p> <p><b>29-03-12</b></p>	<p>ESCALA:</p> <p><b>1/2</b></p>												
			<p>Nº PLANO:</p> <p><b>12</b></p>													

# SECCIÓN A-A



Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECANICA, ENERGETICA**  
**Y DE MATERIALES**

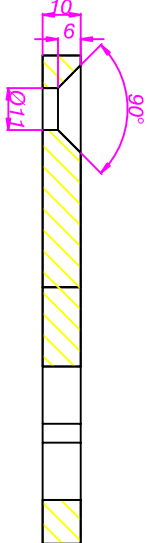
PROYECTO:

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE  
PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO**

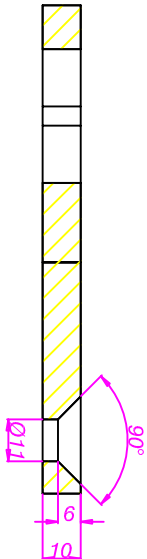
REALIZADO:

**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

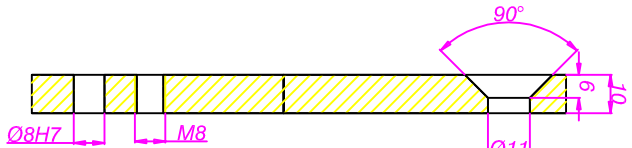
FIRMA:



REGLE 1 - 2 UNIDADES

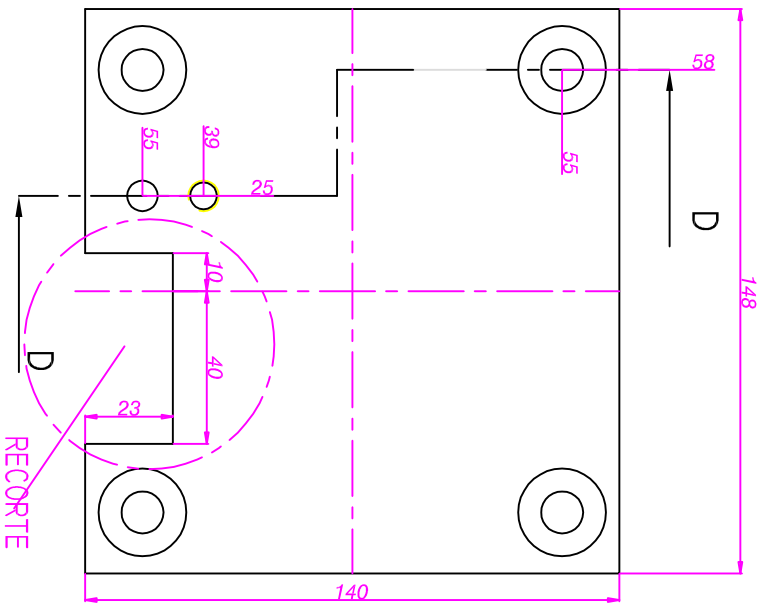


REGLE 2 - 2 UNIDADES

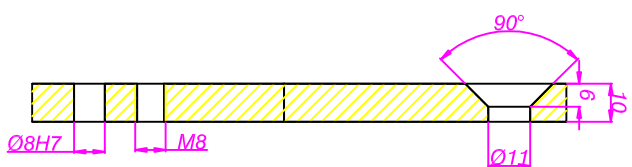


REGLE 3 - 2 UNIDADES

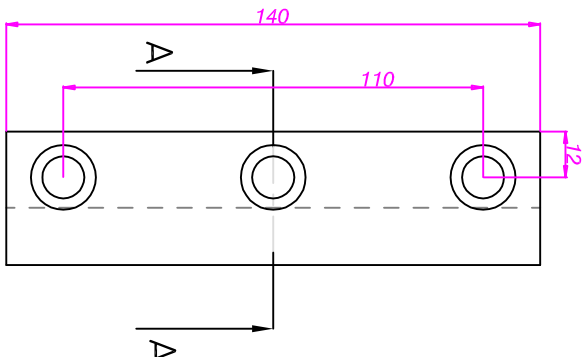
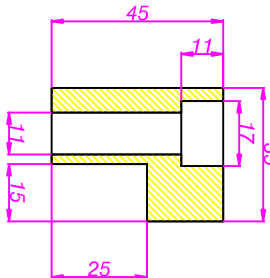
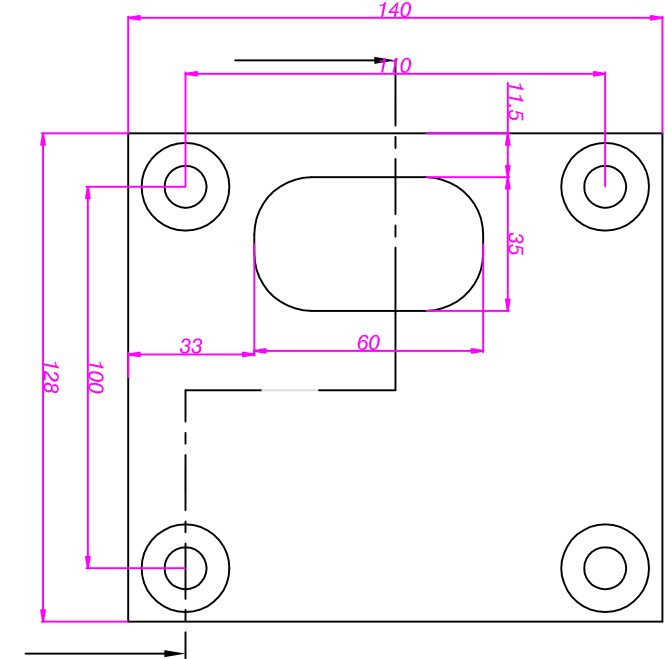
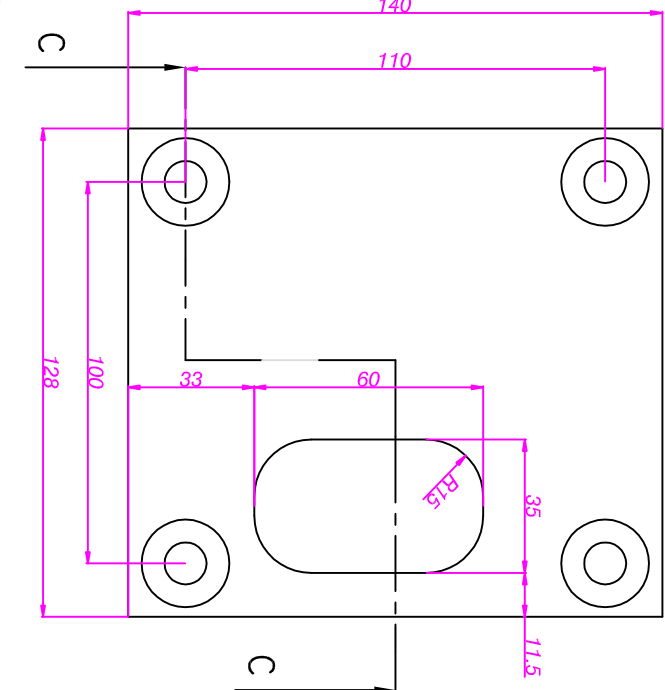
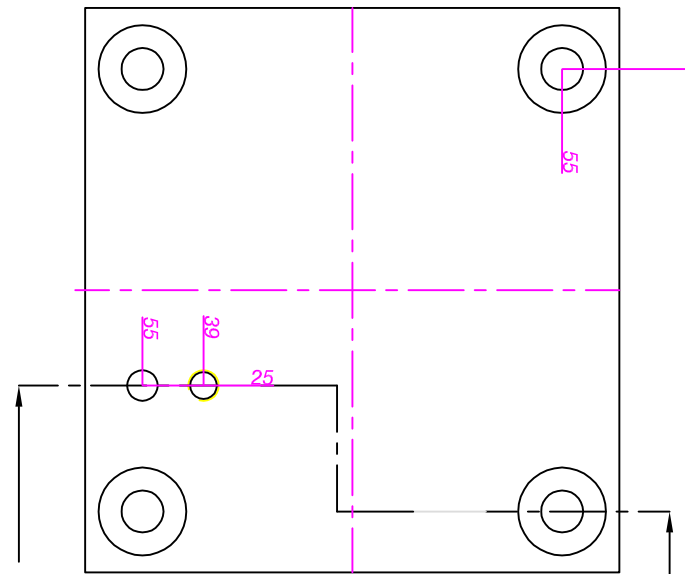
RECORTE ACOTADO SOLO SE HARA EN UNA ( LADO CHAVETA MOLDE)



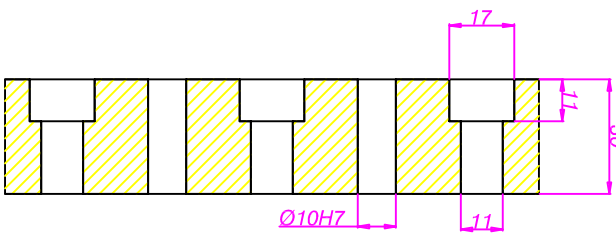
REGLE 4 - 2 UNIDADES



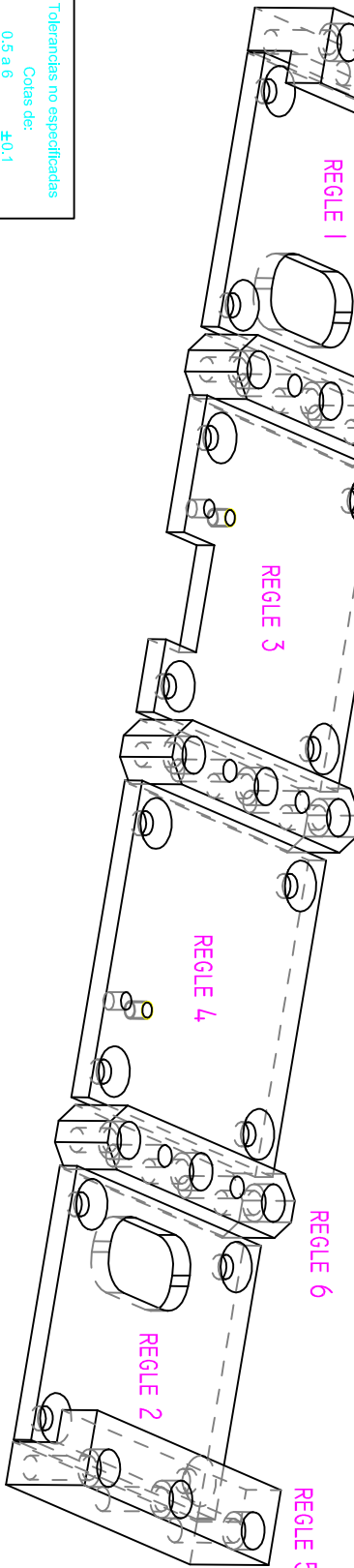
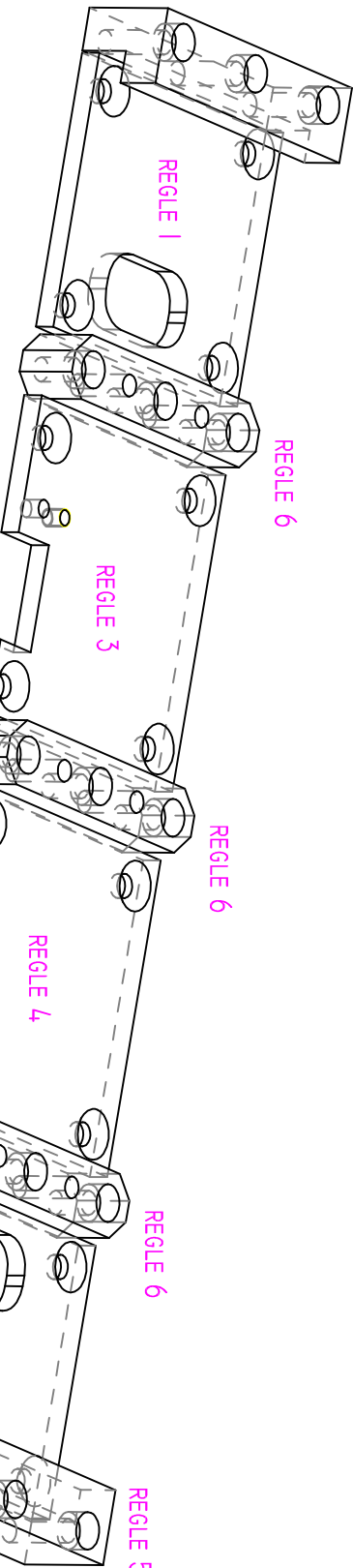
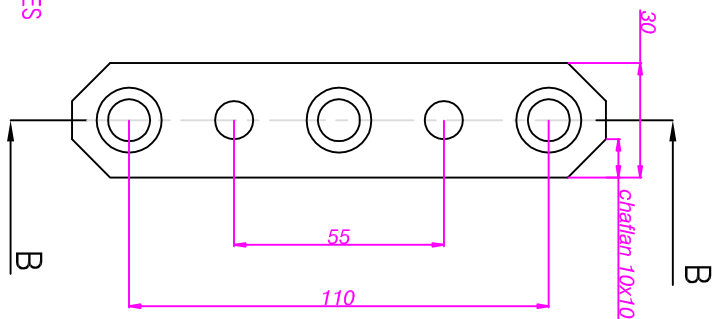
SECCIÓN B-B



REGLE 5 - 4 UNIDADES



REGLE 6 - 6 UNIDADES



REGLE 5

REGLE 1

REGLE 6

REGLE 3

REGLE 6

REGLE 4

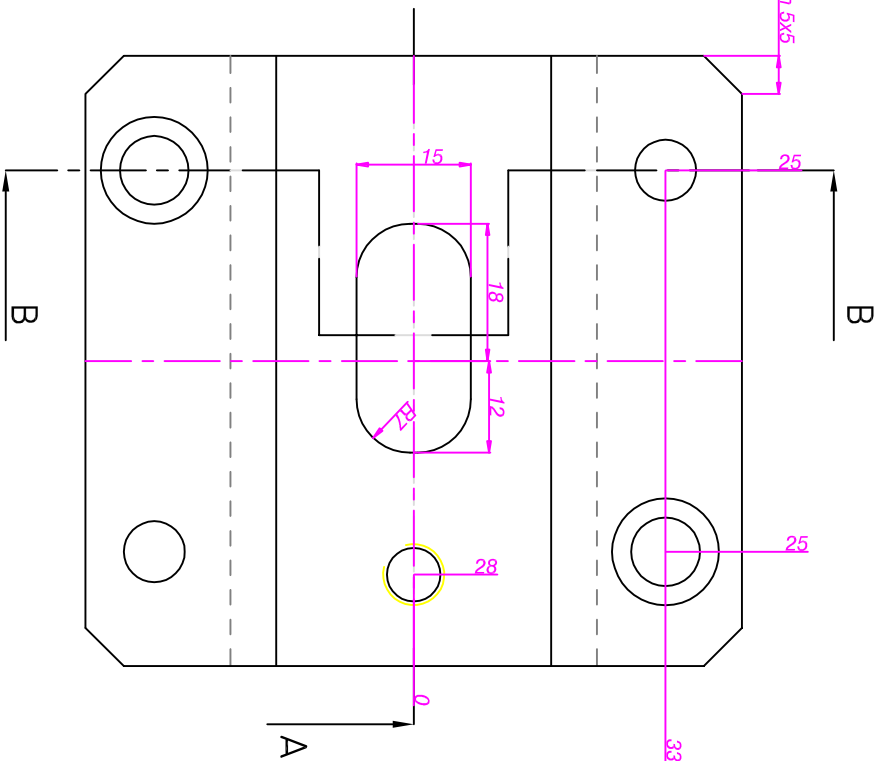
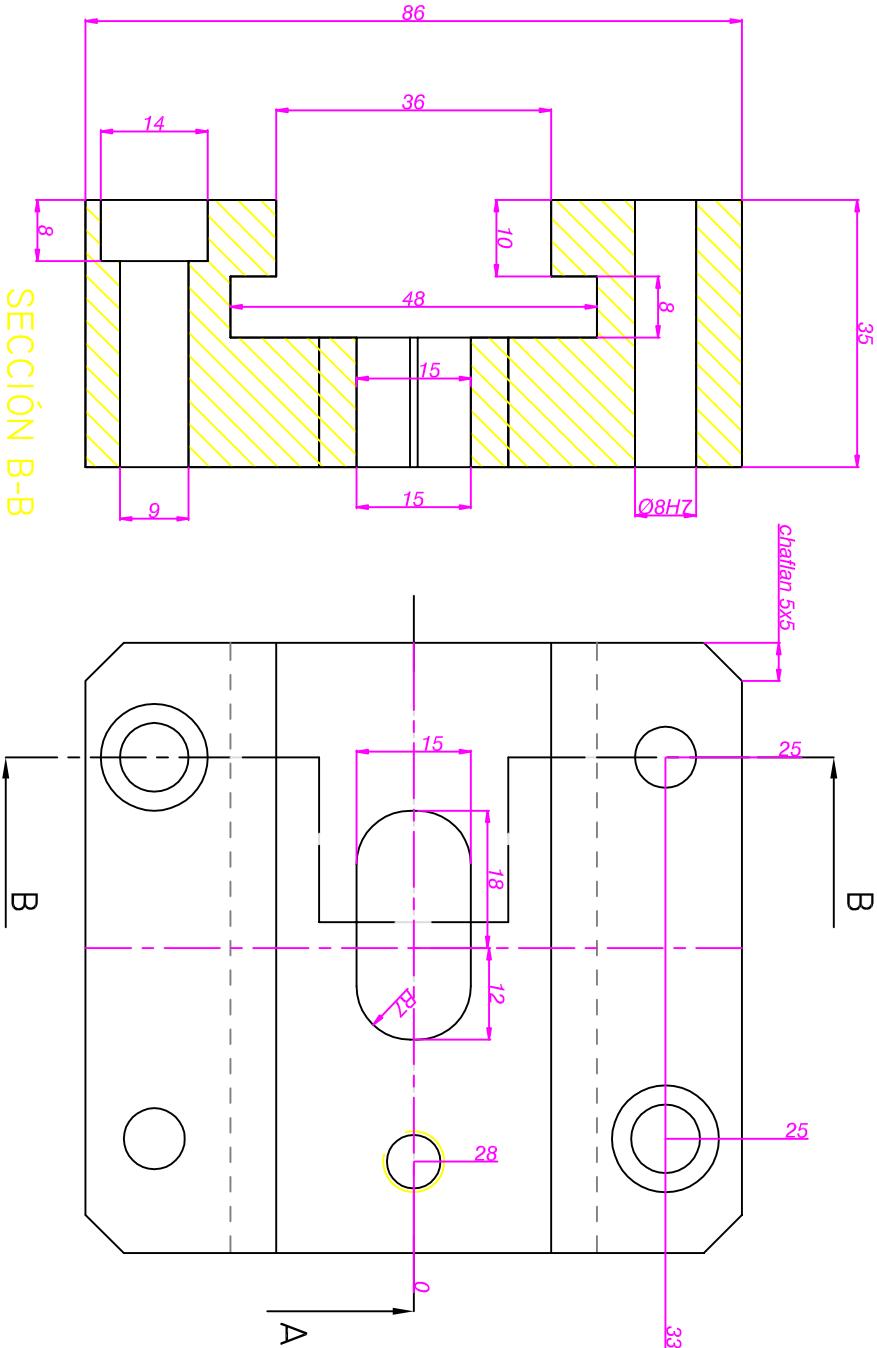
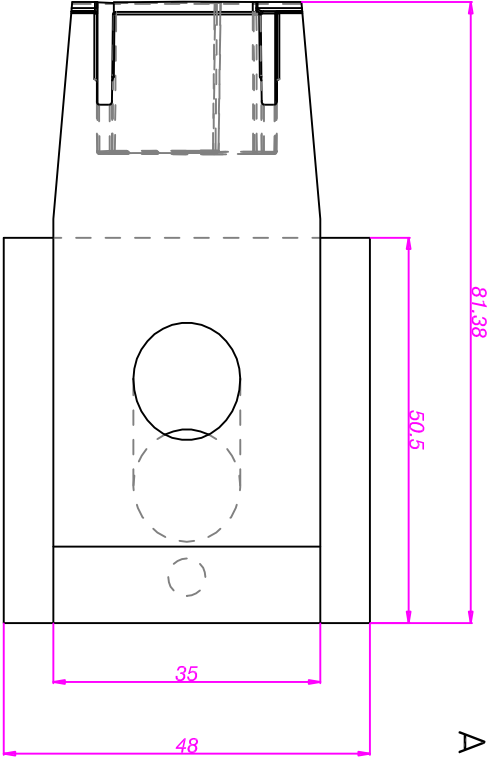
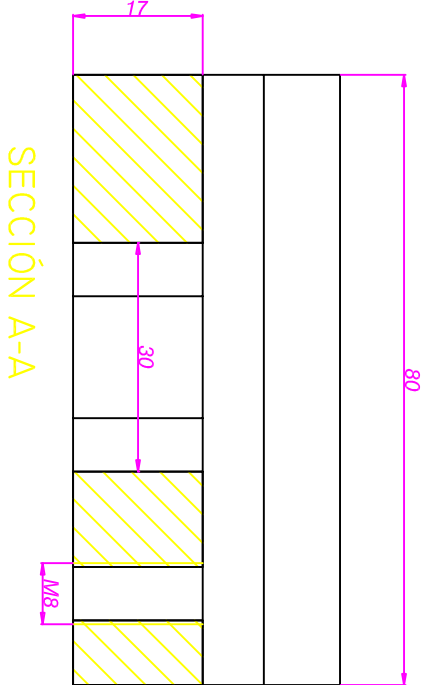
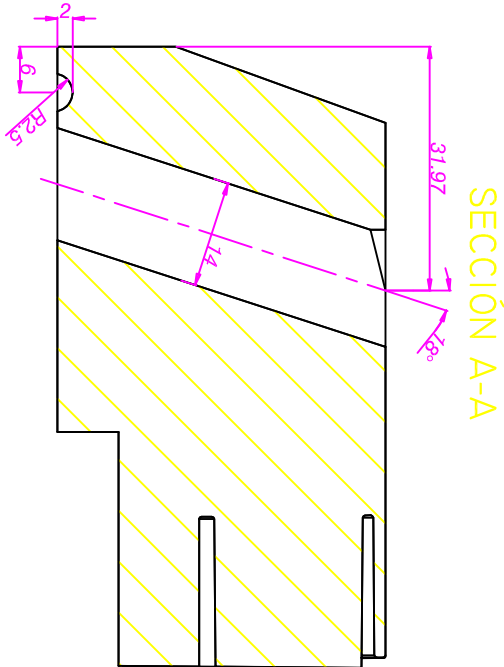
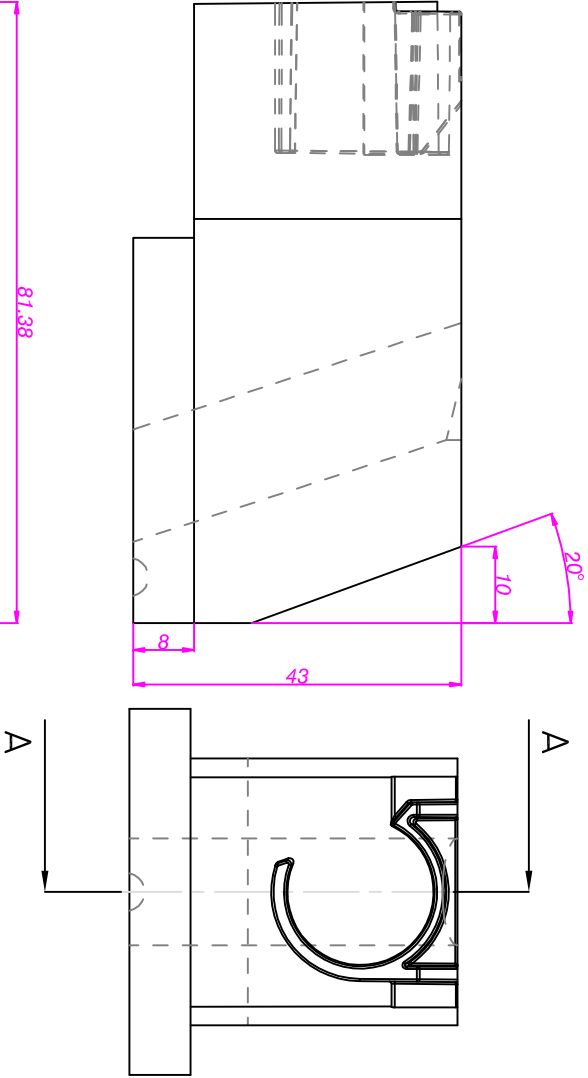
REGLE 6

REGLE 2

REGLE 5

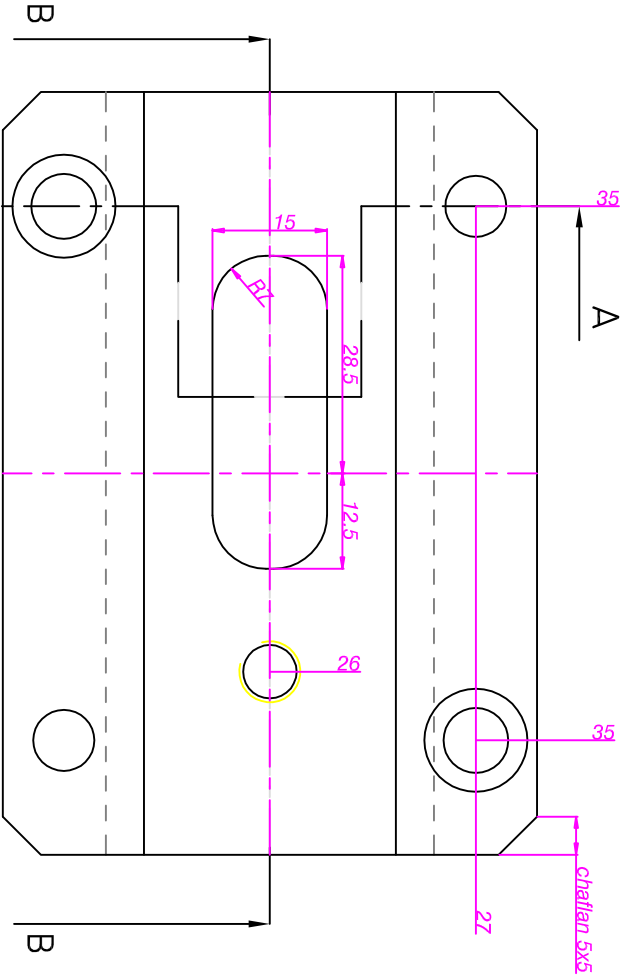
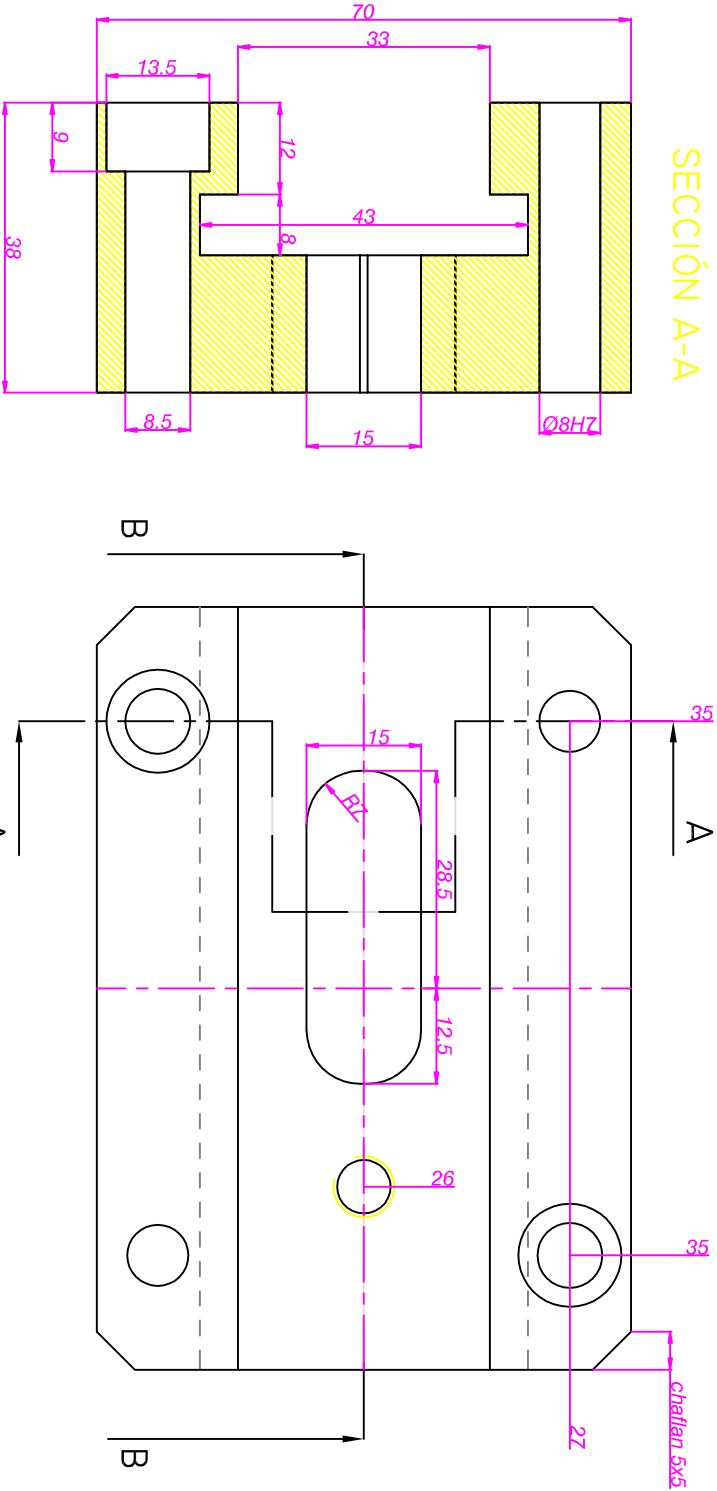
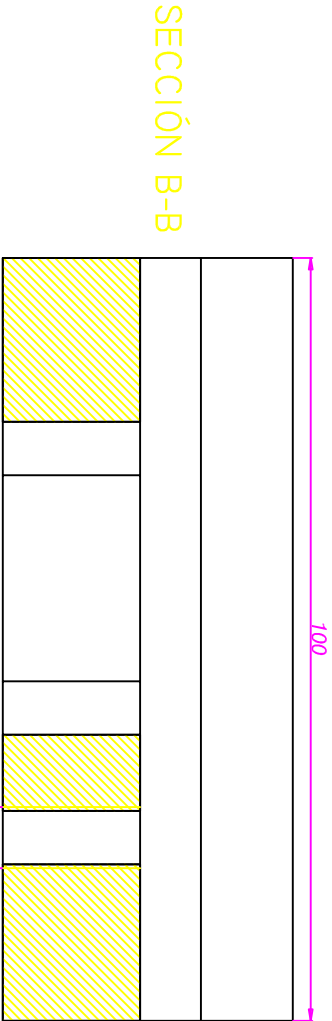
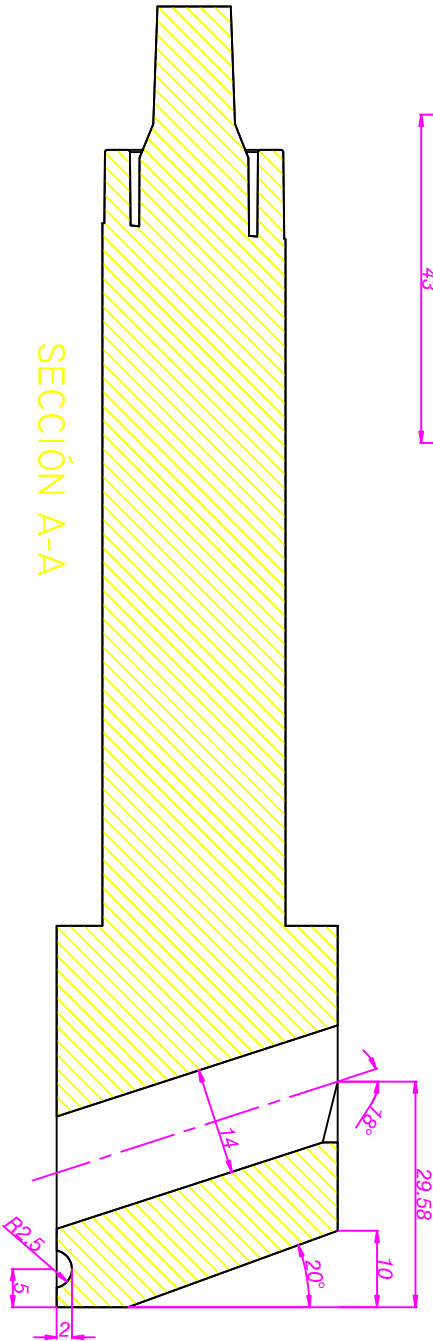
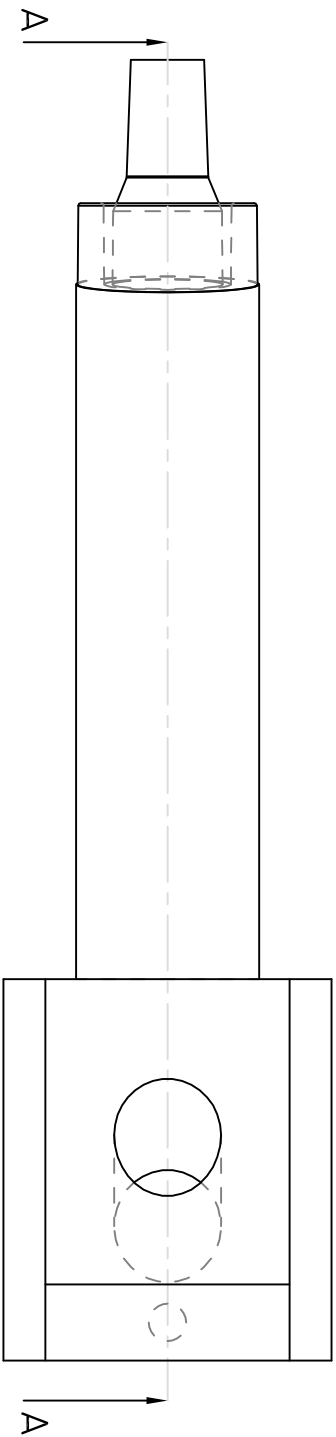
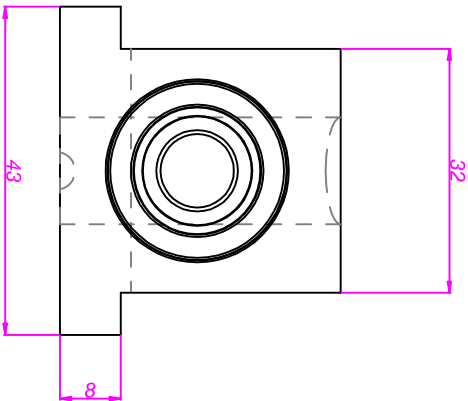
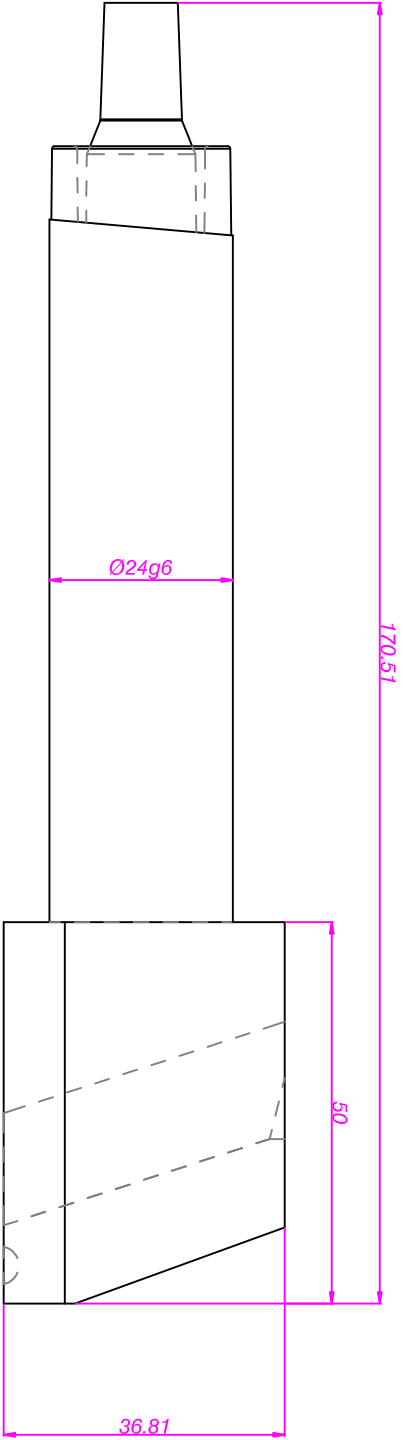
Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO		REALIZADO: ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO		FIRMA:	
PLANO: REGLES LATERALES E INFERIORES		CANTIDAD: X		FECHA: 29-03-12	
CORREDERA 1		X		ESCALA: 1/2	
				Nº PLANO: 14	



Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2







Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO		REALIZADO: ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO		FIRMA:	
PLANO: MOVIMIENTO 2		CANTIDAD: 2		FECHA: 29-03-12	
CORREDERA 2 + DESLIZADERA 2		2		ESCALA: 1/1	
				Nº PLANO: 15	






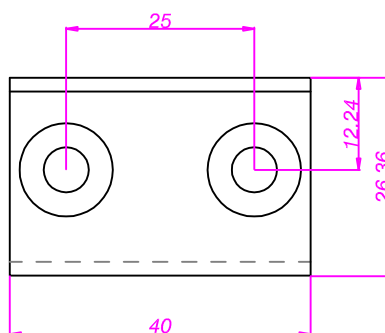
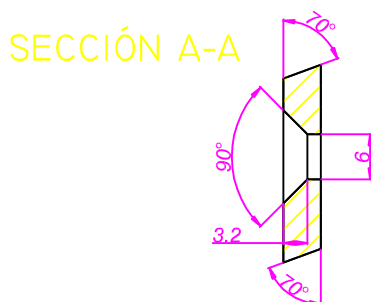
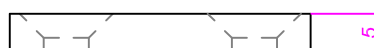
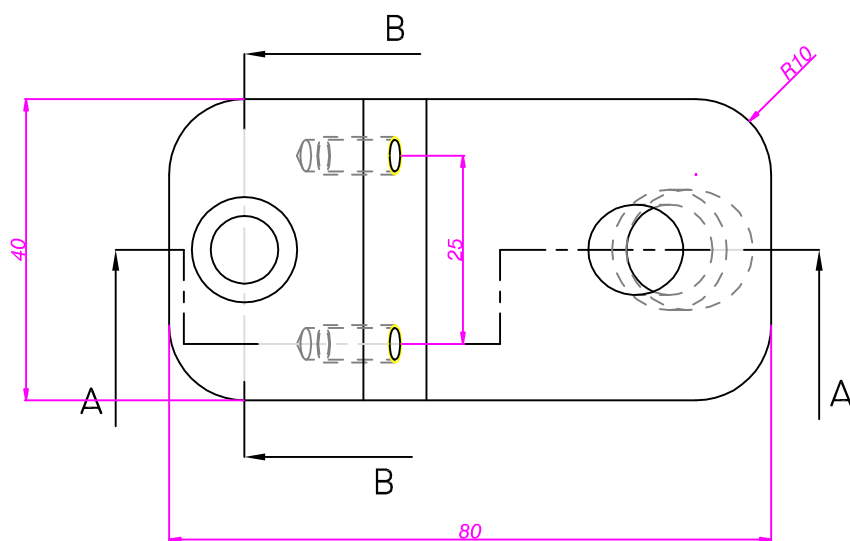
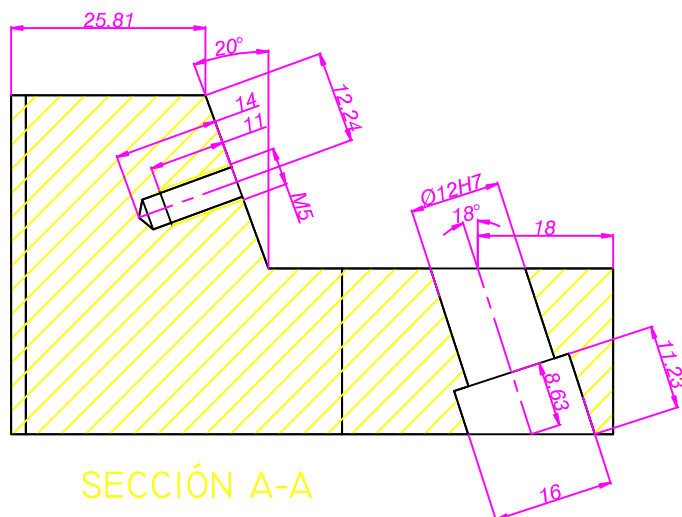
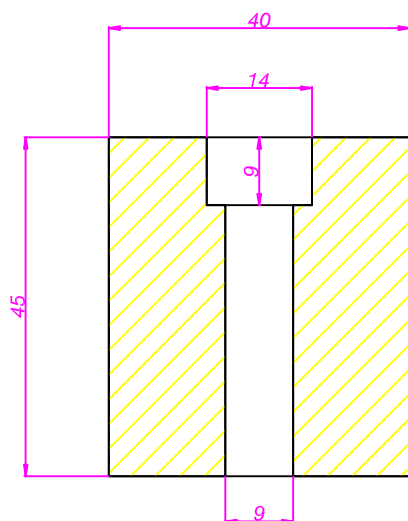
Tolerancias no especificadas				Cotas de:			
0,5 a 6				±0,1			
6 a 30				±0,2			
30 a 120				±0,3			
120 a 400				±0,5			
400 a 1000				±0,8			
mas de 1000				±1,2			

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO		REALIZADO: ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO		FIRMA:	
PLANO: MOVIMIENTO 3		CANTIDAD: 2		FECHA: 29-03-12	
CORREDERA 3 + DESLIZADERA 3		2		ESCALA: 1/1	
				Nº PLANO: 16	



	1	2	3	4																										
A																														
B	<p>SECCIÓN A-A</p>																													
C																														
D																														
E	<div> <p>Tolerancias no especificadas</p> <p>Cotas de:</p> <table border="1"> <tr> <td>0,5 a 6</td> <td>±0.1</td> </tr> <tr> <td>6 a 30</td> <td>±0.2</td> </tr> <tr> <td>30 a 120</td> <td>±0.3</td> </tr> <tr> <td>120 a 400</td> <td>±0.5</td> </tr> <tr> <td>400 a 1000</td> <td>±0.8</td> </tr> <tr> <td>mas de 1000</td> <td>±1.2</td> </tr> </table> </div>				0,5 a 6	±0.1	6 a 30	±0.2	30 a 120	±0.3	120 a 400	±0.5	400 a 1000	±0.8	mas de 1000	±1.2														
0,5 a 6	±0.1																													
6 a 30	±0.2																													
30 a 120	±0.3																													
120 a 400	±0.5																													
400 a 1000	±0.8																													
mas de 1000	±1.2																													
F	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">  <p> <b>Universidad Pública</b>  de Navarra  <i>Nafarroako</i>  <i>Unibertsitate Publikoa</i> </p> </td> <td> <b>E.T.S.I.I.T.</b> </td> <td colspan="3" rowspan="2"> DEPARTAMENTO:  <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b> </td> </tr> <tr> <td> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> PROYECTO:  <b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b> </td> <td colspan="3"> REALIZADO:  <b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="3"> FIRMA: </td> </tr> <tr> <td colspan="2">  <p> <b>PLETINA FIN DE CARRERA</b> </p> </td> <td> CANTIDAD:  <b>2</b> </td> <td> FECHA:  <b>29-03-12</b> </td> <td> ESCALA:  <b>1/1</b> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="3"> Nº PLANO:  <b>17</b> </td> </tr> </table>				 <p> <b>Universidad Pública</b>  de Navarra  <i>Nafarroako</i>  <i>Unibertsitate Publikoa</i> </p>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>			<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	PROYECTO: <b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b>		REALIZADO: <b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b>					FIRMA:			 <p> <b>PLETINA FIN DE CARRERA</b> </p>		CANTIDAD: <b>2</b>	FECHA: <b>29-03-12</b>	ESCALA: <b>1/1</b>			Nº PLANO: <b>17</b>		
 <p> <b>Universidad Pública</b>  de Navarra  <i>Nafarroako</i>  <i>Unibertsitate Publikoa</i> </p>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>																												
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>																													
PROYECTO: <b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b>		REALIZADO: <b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b>																												
		FIRMA:																												
 <p> <b>PLETINA FIN DE CARRERA</b> </p>		CANTIDAD: <b>2</b>	FECHA: <b>29-03-12</b>	ESCALA: <b>1/1</b>																										
		Nº PLANO: <b>17</b>																												

	1	2	3	4																								
A																												
B																												
C																												
D																												
E	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Tolerancias no especificadas</p> <p>Cotas de:</p> <table> <tr> <td>0,5 a 6</td> <td>±0.1</td> </tr> <tr> <td>6 a 30</td> <td>±0.2</td> </tr> <tr> <td>30 a 120</td> <td>±0.3</td> </tr> <tr> <td>120 a 400</td> <td>±0.5</td> </tr> <tr> <td>400 a 1000</td> <td>±0.8</td> </tr> <tr> <td>mas de 1000</td> <td>±1.2</td> </tr> </table> </div>				0,5 a 6	±0.1	6 a 30	±0.2	30 a 120	±0.3	120 a 400	±0.5	400 a 1000	±0.8	mas de 1000	±1.2												
0,5 a 6	±0.1																											
6 a 30	±0.2																											
30 a 120	±0.3																											
120 a 400	±0.5																											
400 a 1000	±0.8																											
mas de 1000	±1.2																											
F	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">  <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p> </td> <td> <p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p> </td> <td colspan="3" rowspan="2"> <p>DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b></p> </td> </tr> <tr> <td> <p><b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b></p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" rowspan="2"> <p>PROYECTO: <b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b></p> </td> <td colspan="3"> <p>REALIZADO: <b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b></p> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> <p>FIRMA:</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p><b>CHAVETA MOLDE</b></p> </td> <td> <p>CANTIDAD:</p> <p><b>1</b></p> </td> <td> <p>FECHA:</p> <p><b>29-03-12</b></p> </td> <td> <p>ESCALA:</p> <p><b>1/1</b></p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td></td> <td> <p>Nº PLANO:</p> <p><b>18</b></p> </td> </tr> </table>				 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p>	<p>DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b></p>			<p><b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b></p>	<p>PROYECTO: <b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b></p>		<p>REALIZADO: <b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b></p>			<p>FIRMA:</p>			<p><b>CHAVETA MOLDE</b></p>		<p>CANTIDAD:</p> <p><b>1</b></p>	<p>FECHA:</p> <p><b>29-03-12</b></p>	<p>ESCALA:</p> <p><b>1/1</b></p>					<p>Nº PLANO:</p> <p><b>18</b></p>
 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p>	<p>DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b></p>																										
	<p><b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b></p>																											
<p>PROYECTO: <b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b></p>		<p>REALIZADO: <b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b></p>																										
		<p>FIRMA:</p>																										
<p><b>CHAVETA MOLDE</b></p>		<p>CANTIDAD:</p> <p><b>1</b></p>	<p>FECHA:</p> <p><b>29-03-12</b></p>	<p>ESCALA:</p> <p><b>1/1</b></p>																								
				<p>Nº PLANO:</p> <p><b>18</b></p>																								



Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0,5 a 6	$\pm 0.1$
6 a 30	$\pm 0.2$
30 a 120	$\pm 0.3$
120 a 400	$\pm 0.5$
400 a 1000	$\pm 0.8$
mas de 1000	$\pm 1.2$



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

**E.T.S.I.I.T.**

---

**INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

# DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO

REALIZADO:

**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

FIRMA:



Unibertsitate Publikoa  
 Todos los derechos reservados  
 Eskubide guztiak erresalbatu dira

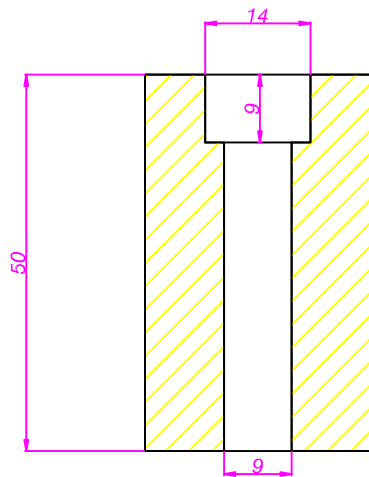
**CUÑA MOVIMIENTO 2**  
**CUÑA + REGLA 2**

CANTIDAD:  
**2**

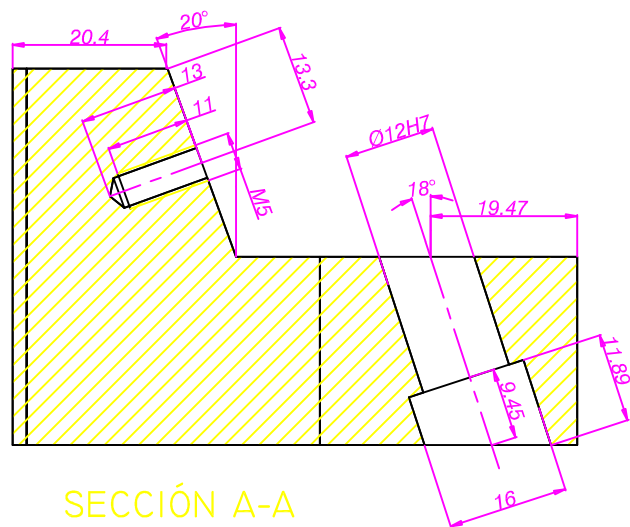
FECHA:  
**29-03-12**

ESCALA:  
**1/1**

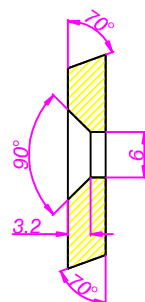
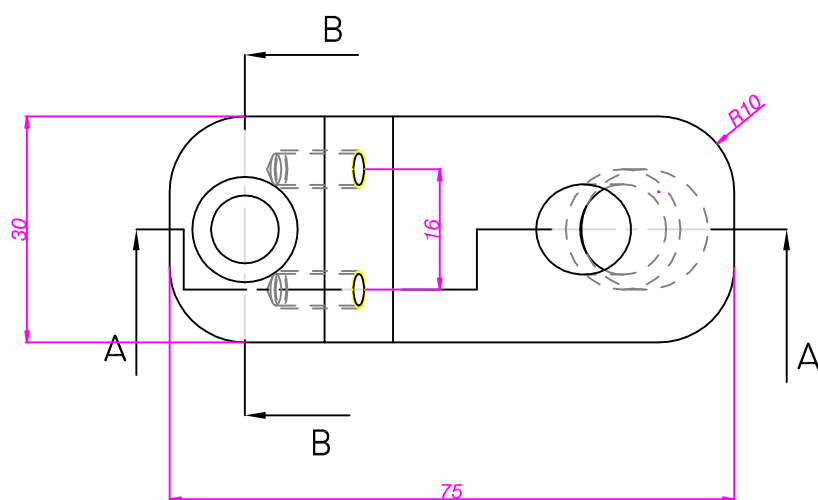
Nº PLANO:  
**19**



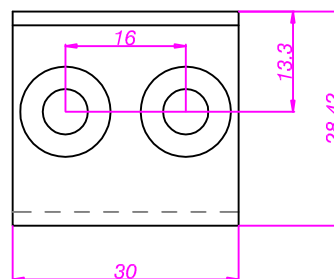
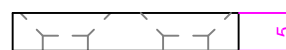
SECCIÓN B-B



SECCIÓN A-A



SECCIÓN A-A



Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECANICA, ENERGETICA**  
**Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

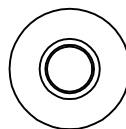
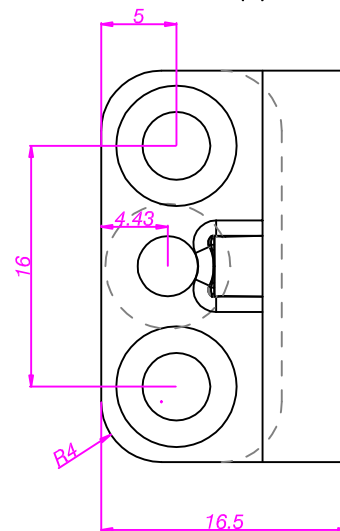
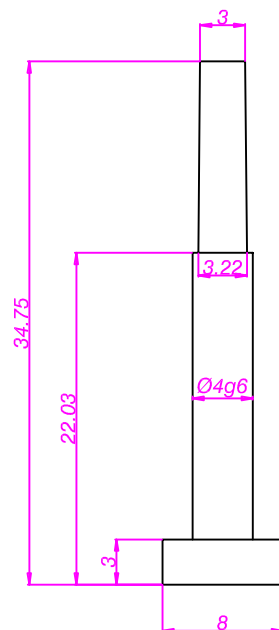
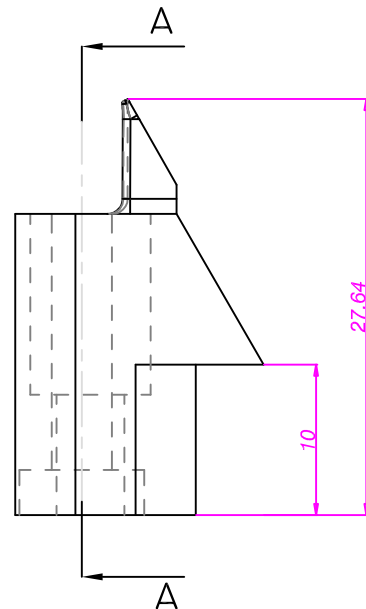
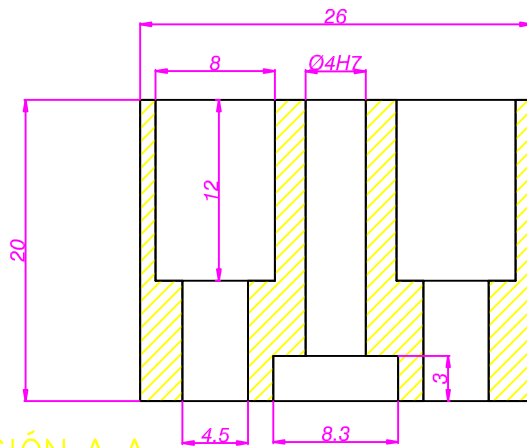
**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE**  
**PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO**

REALIZADO:

**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

FIRMA:

SECCIÓN A-A



Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECANICA, ENERGETICA**  
**Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

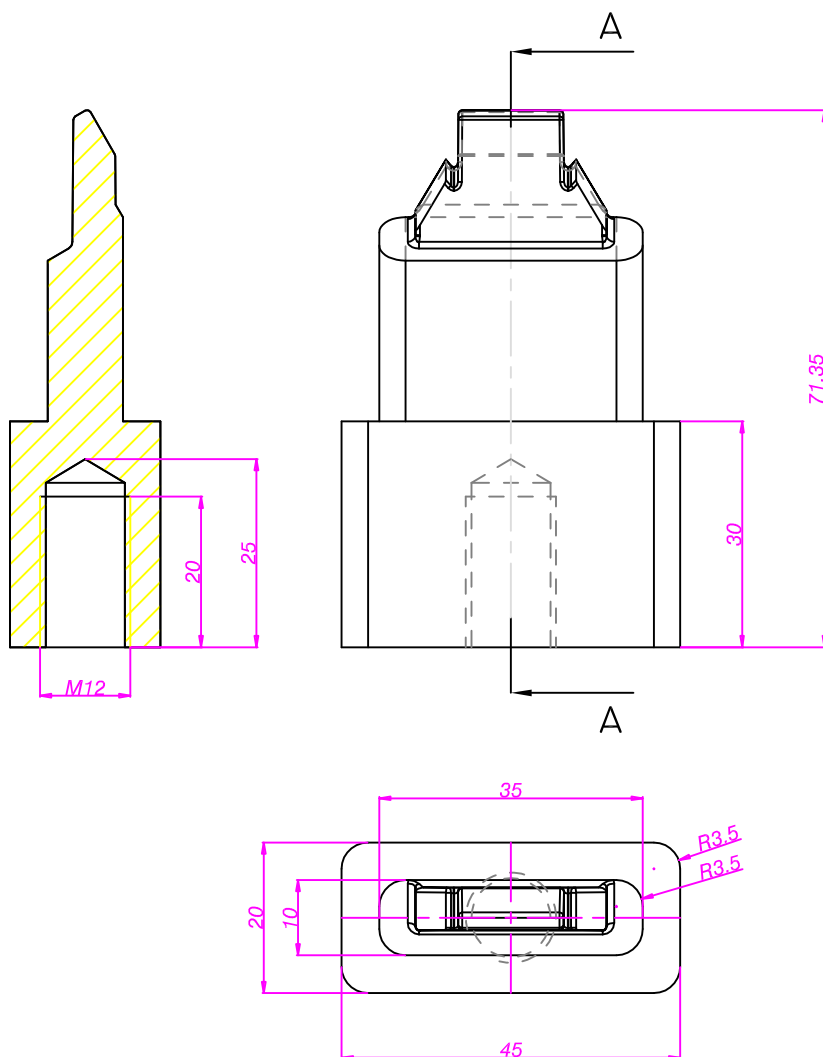
**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE**  
**PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO**

REALIZADO:

**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

FIRMA:

# SECCIÓN A-A



Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0,5 a 6	±0.1
6 a 30	±0.2
30 a 120	±0.3
120 a 400	±0.5
400 a 1000	±0.8
mas de 1000	±1.2



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECANICA, ENERGETICA**  
**Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

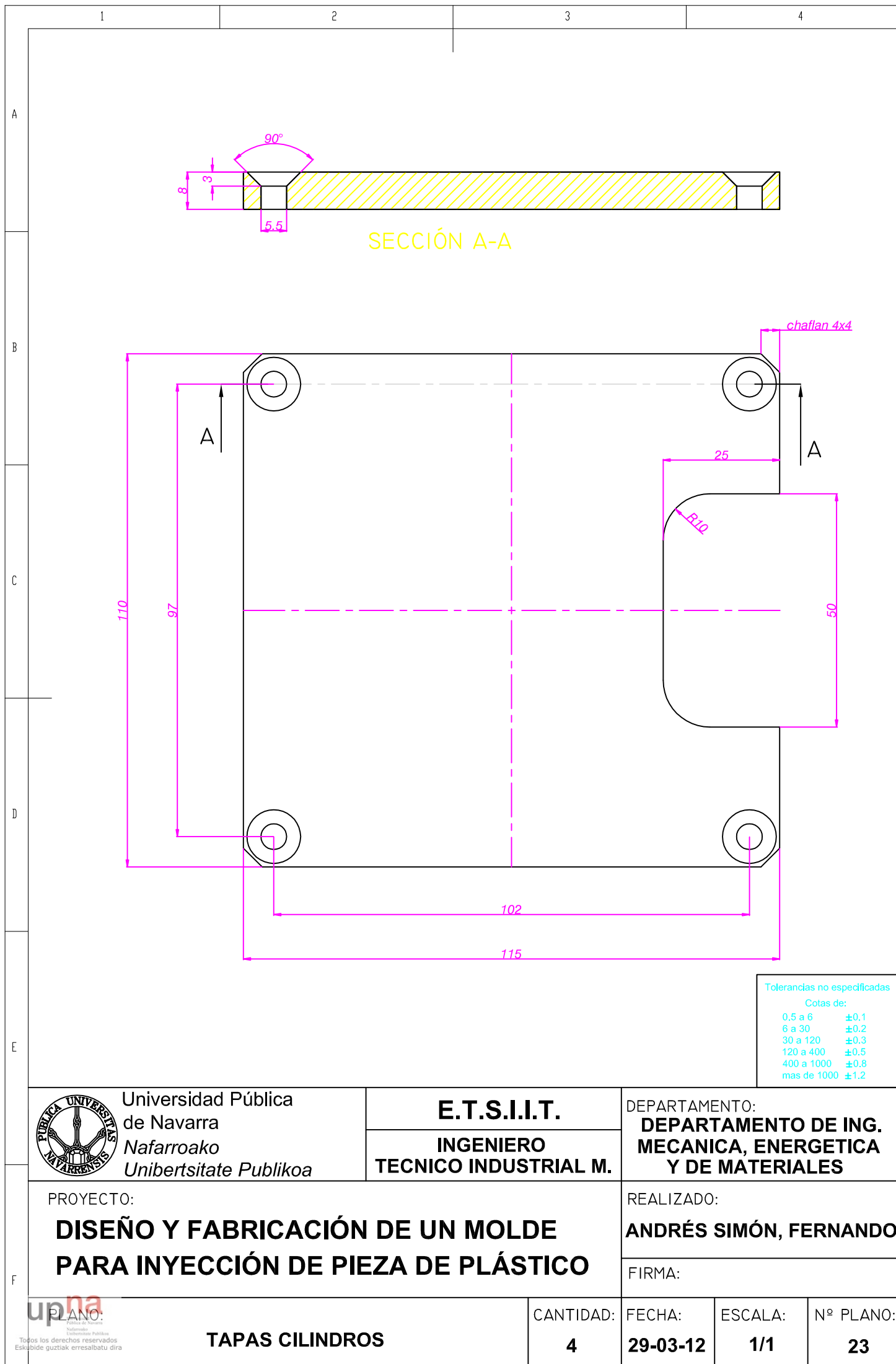
**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE**  
**PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO**

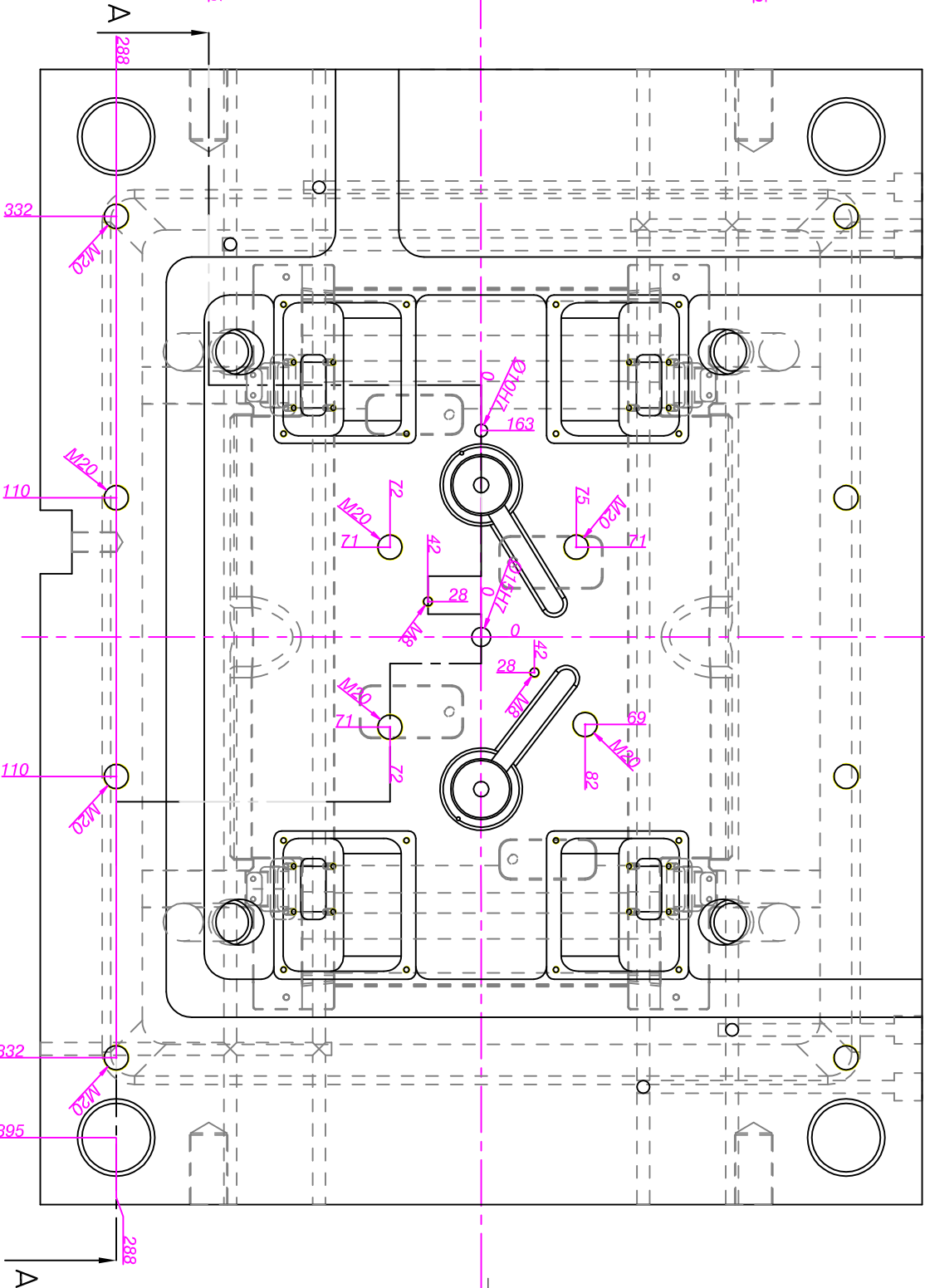
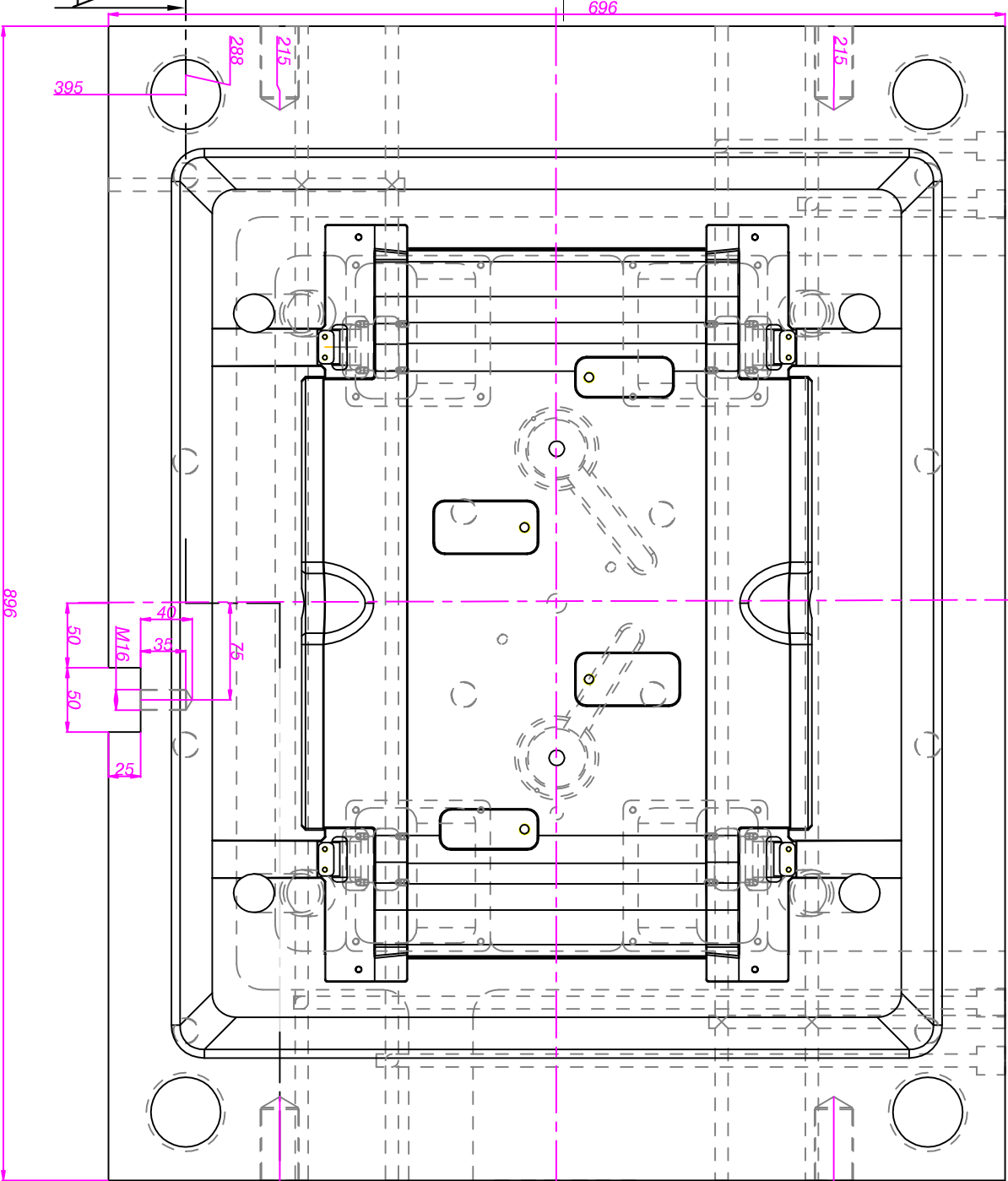
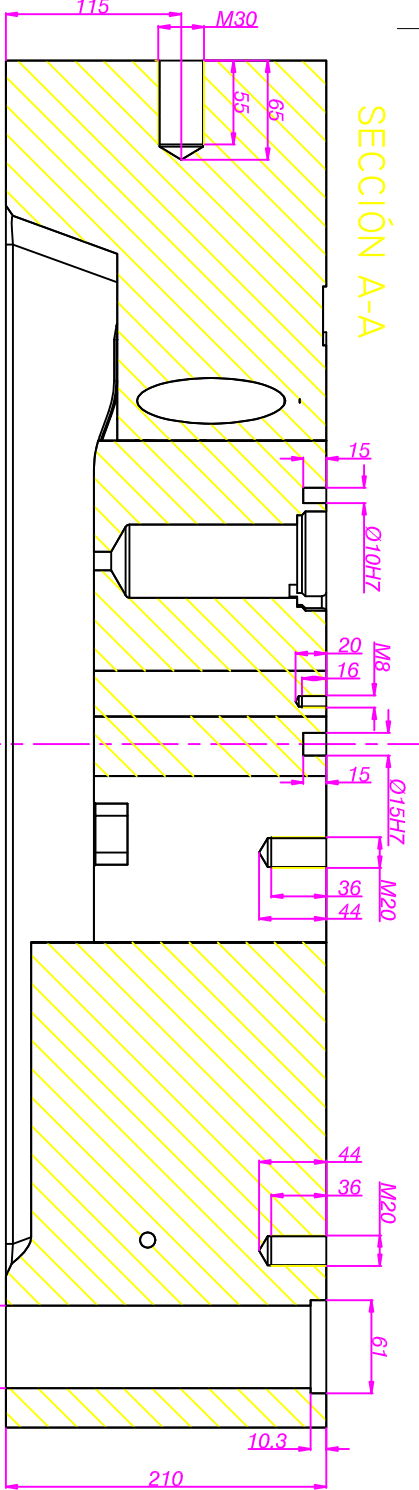
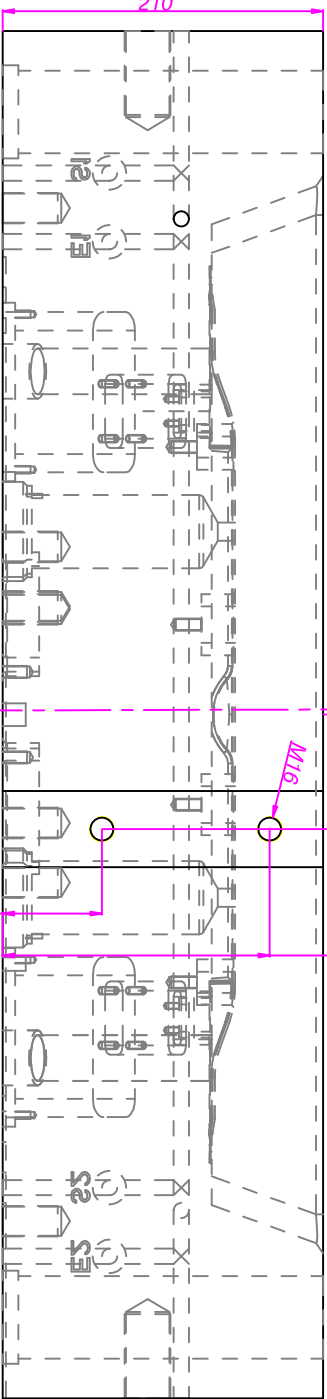
REALIZADO:


**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

FIRMA:





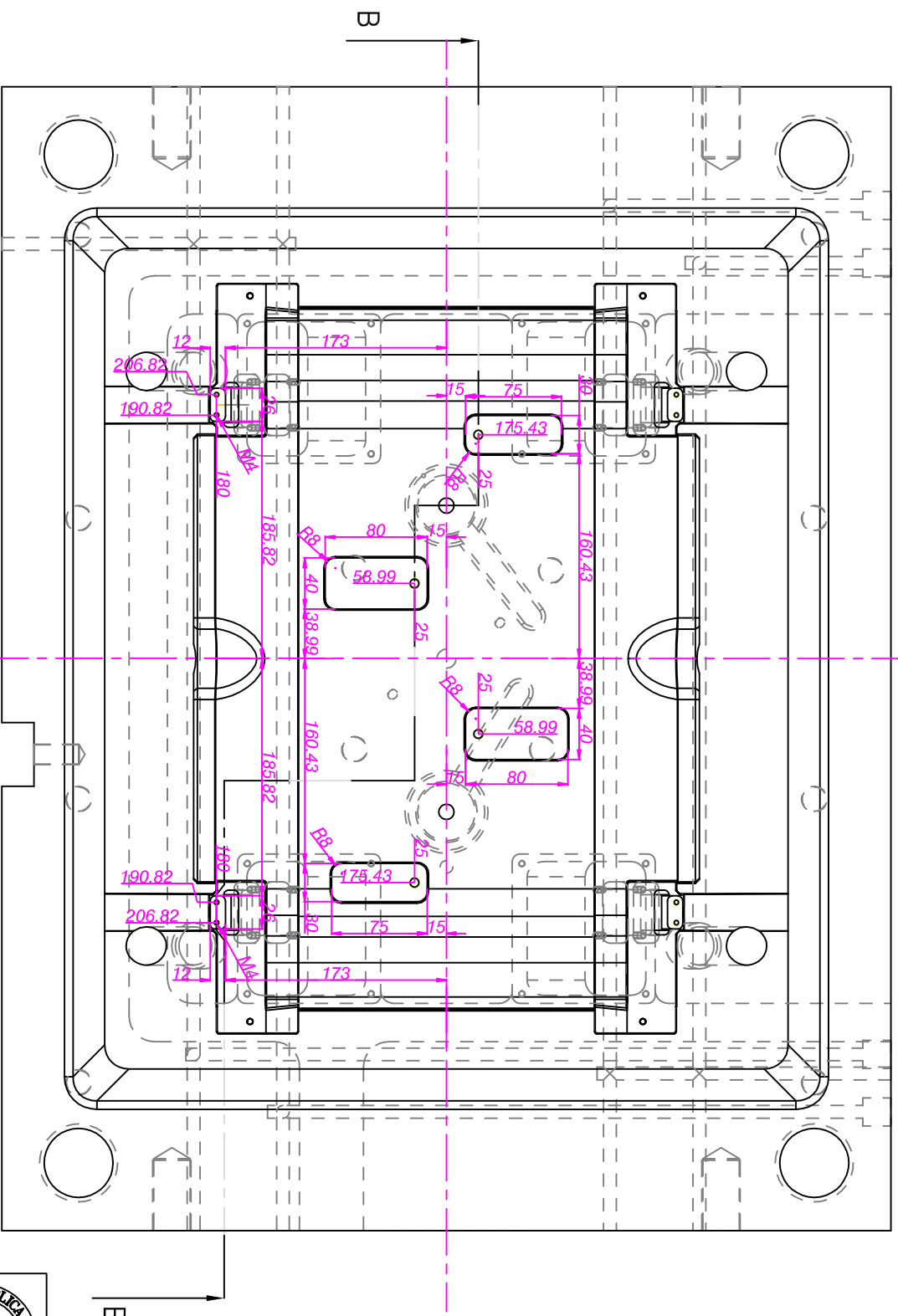
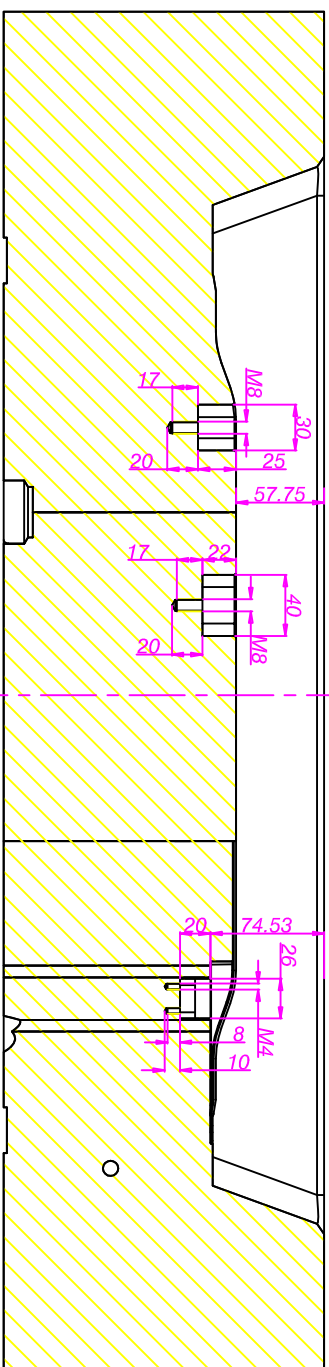


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		REALIZADO: ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO	

PROYECTO:  
**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE  
PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO**

PLANO:	CANTIDAD:	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO
PLACA CAVIDAD TALADROS	1	29-03-12	1/5	24

Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2



**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

# DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO

**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

FIRMA:

PLANO:

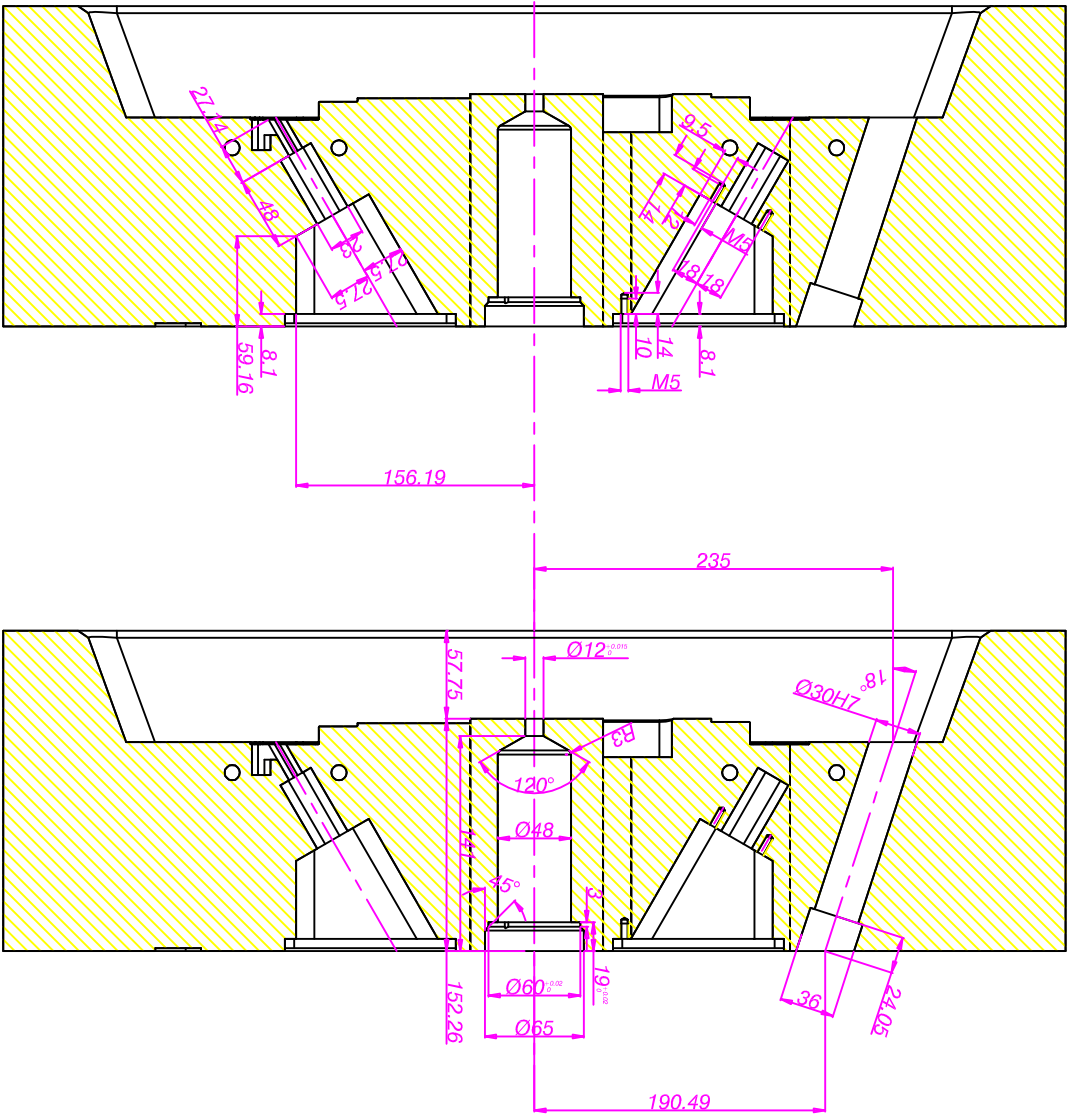
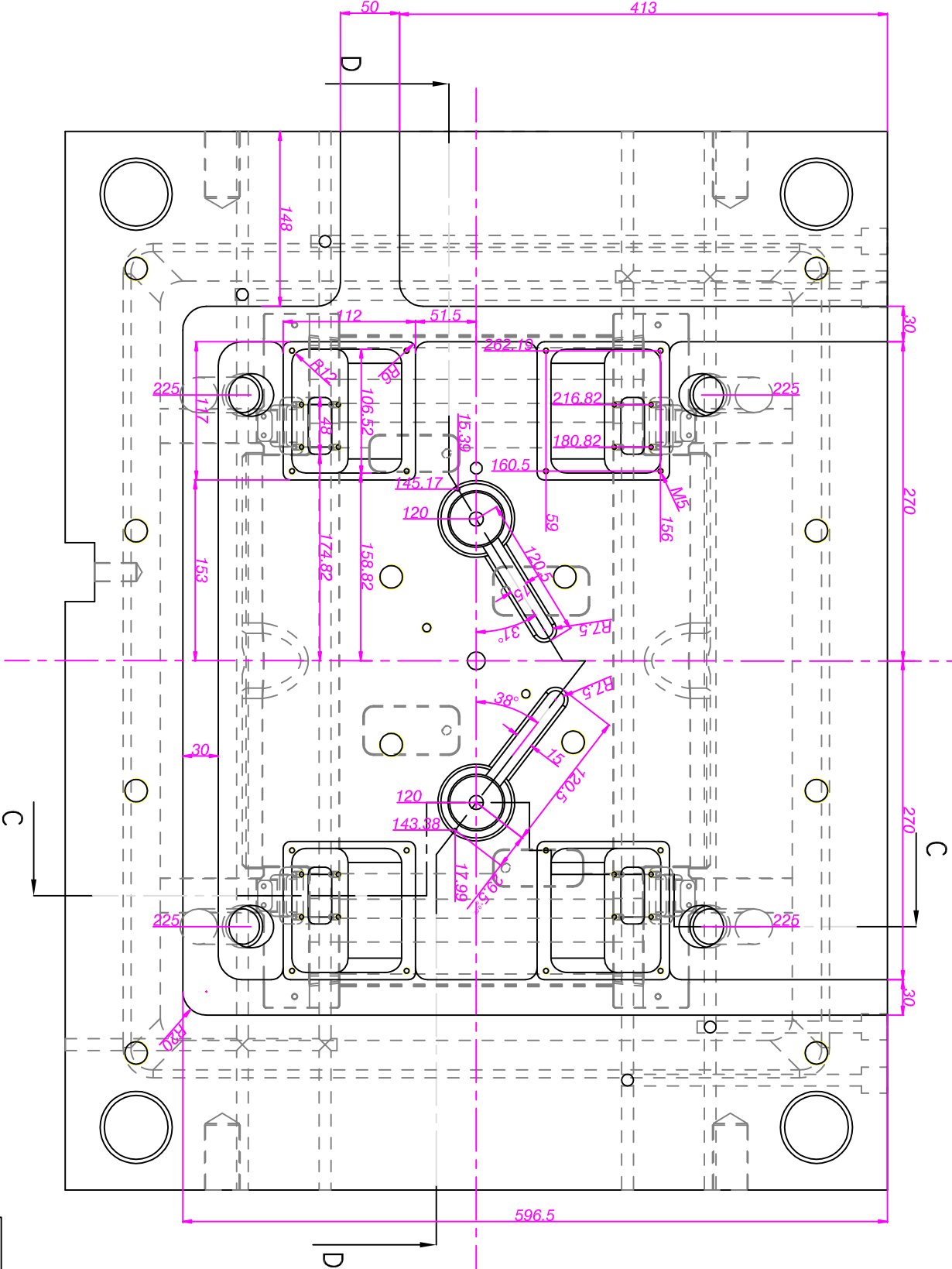
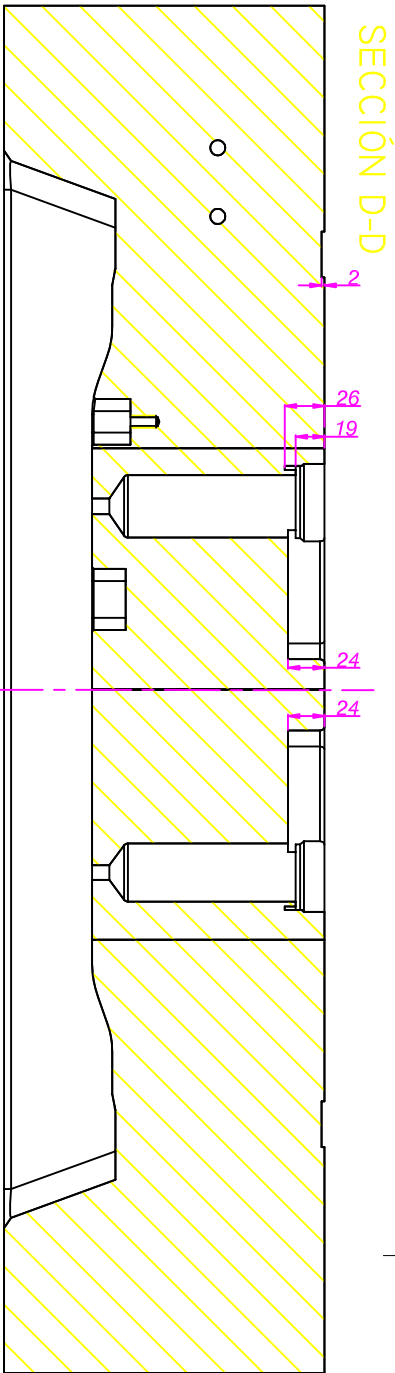
CANTIDAD:


ESCALA:

Nº PLANO:

### Tolerancias no especificadas

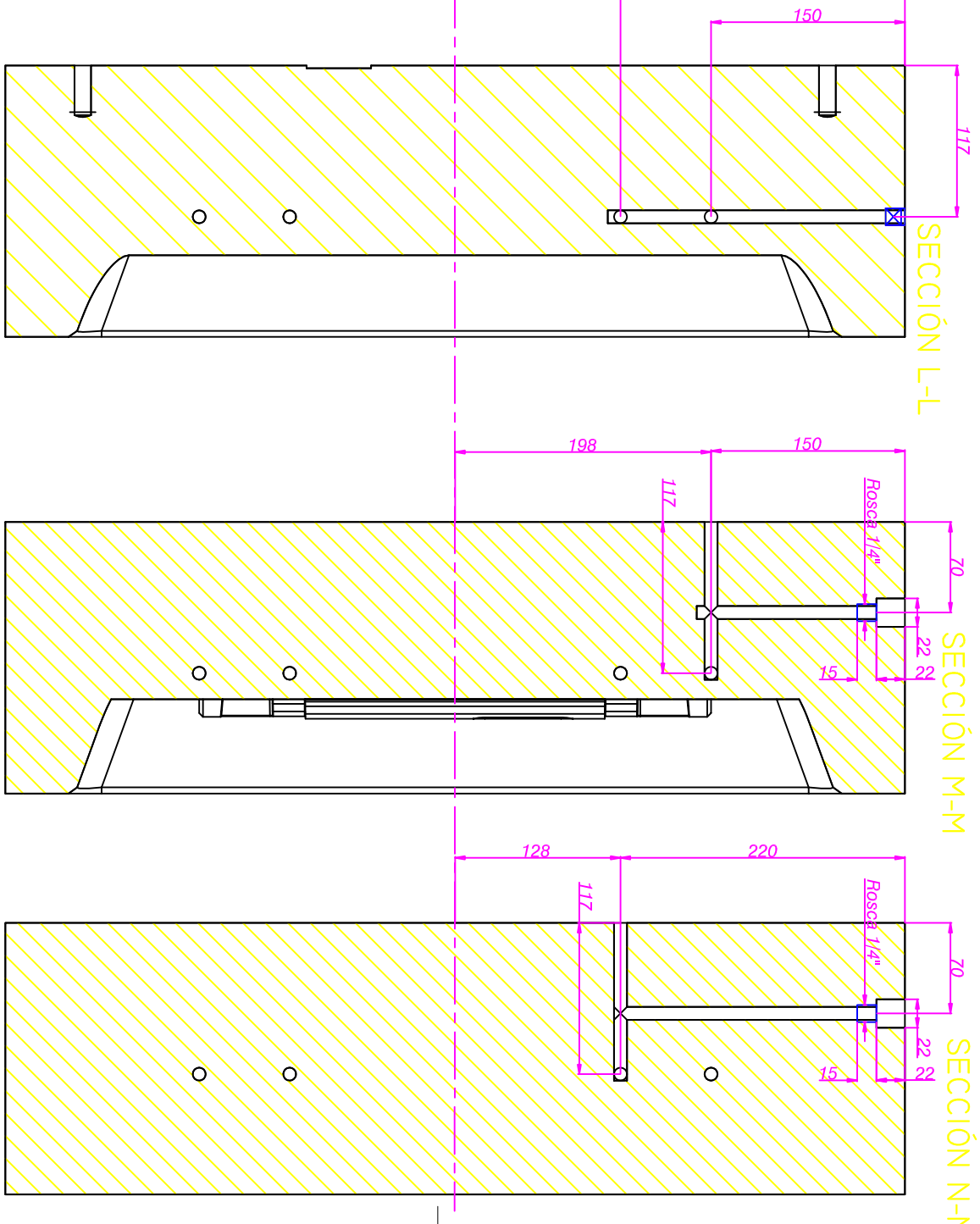
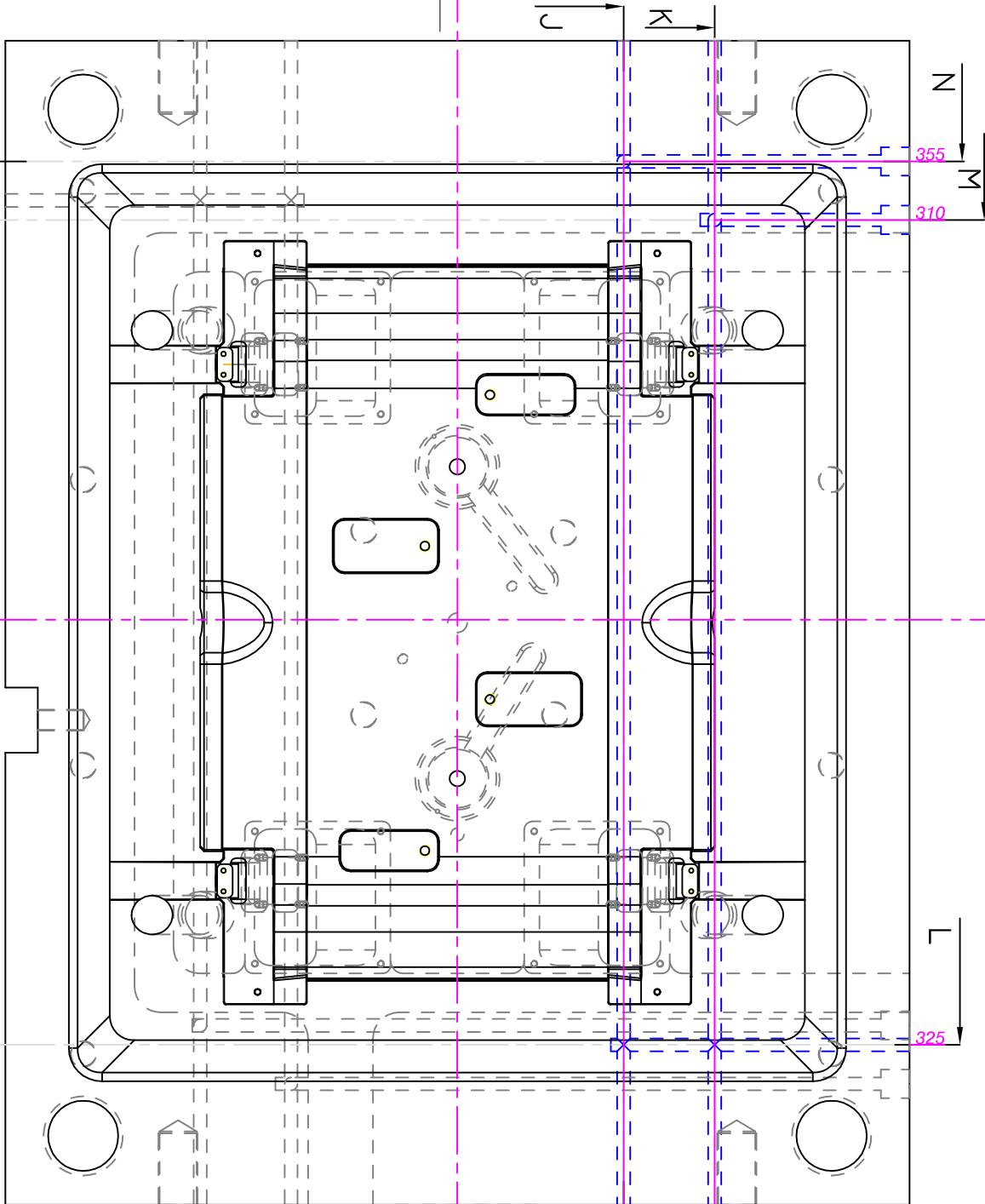
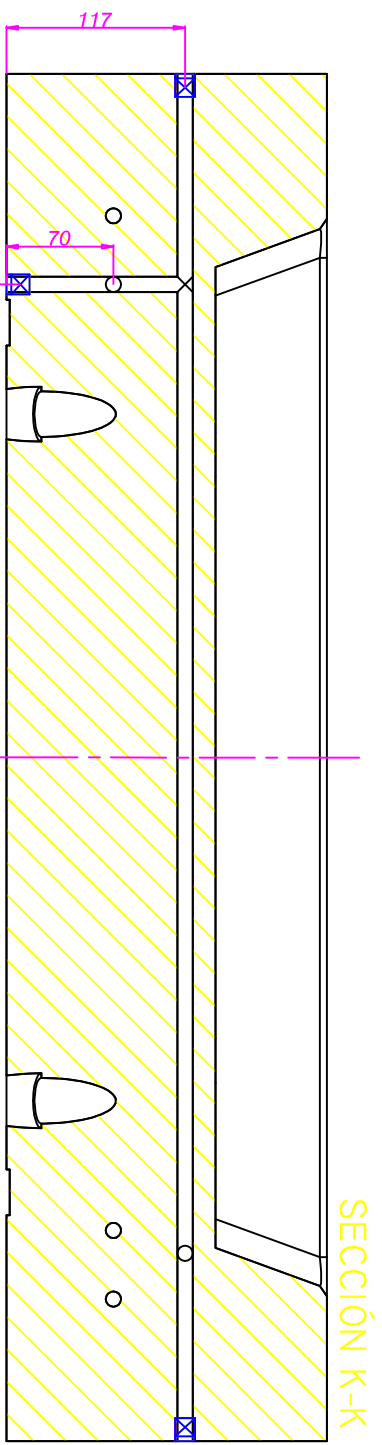
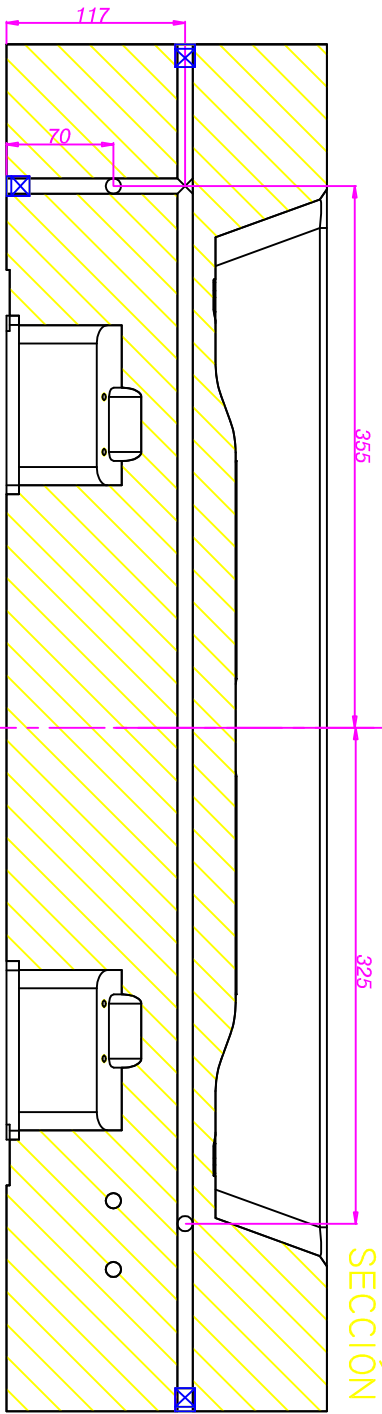
0.5 a 6	±0.1
6 a 30	±0.2
30 a 120	±0.3
120 a 400	±0.5
400 a 1000	±0.8
mas de 1000	±1.2



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	

PROYECTO:		REALIZADO:	
DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO		ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO	
PLANO:	PLACA CAVIDAD ALOJAMIENTO GUIA, ALOJAMIENTO CAMARA CAJERA HIDRAULICO	CANTIDAD:	1
FECHA:	29-03-12	ESCALA:	1/5
Nº PLANO:	26		

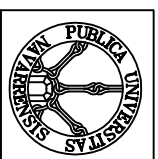
Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
mas de 1000	±1,2



CANALES REFRIGERACION Ø10

☑ DONDE SE MARQUE ESTE SIMBOLO ROSCAR 1/4" PROFUNDIDAD 15 MM  
☑ POSTERIOR MENTE DEBERA PONERSE UN TAPON REFR. ROSCA CONICA 1/4"

Tolerancias no especificadas			
Cotas de:			
0,5 a 6	±0,1		
6 a 30	±0,2		
30 a 120	±0,3		
120 a 400	±0,5		
400 a 1000	±0,8		
mas de 1000	±1,2		



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE  
PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO**

REALIZADO:

**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

PLANO:

**PLACA CAVIDAD CANAL REFRIGERACIÓN 1**

CANTIDAD:

**1**

FECHA:

**29-03-12**

ESCALA:

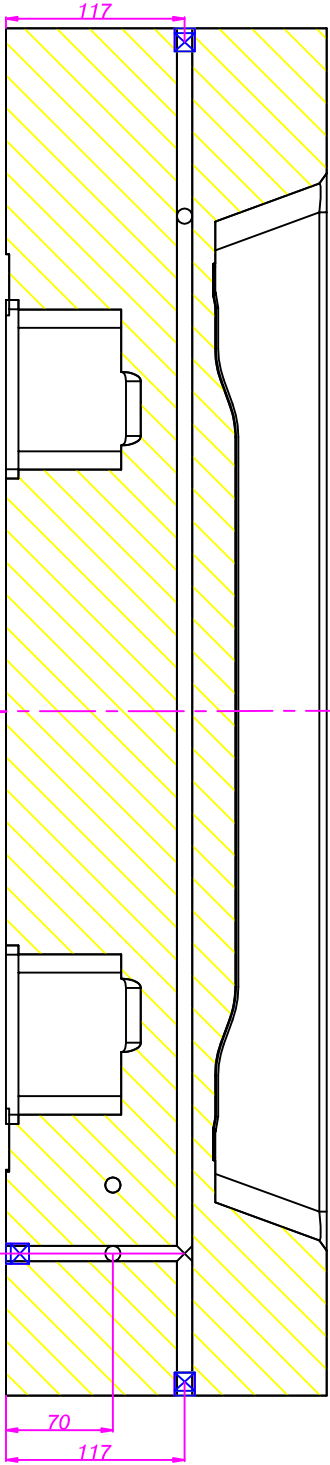
**1/5**

Nº PLANO:

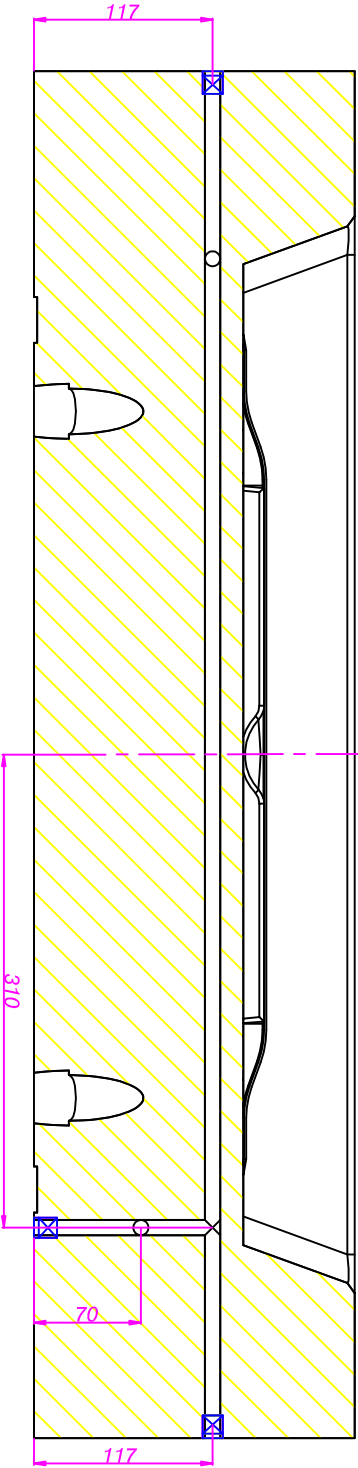
**27**



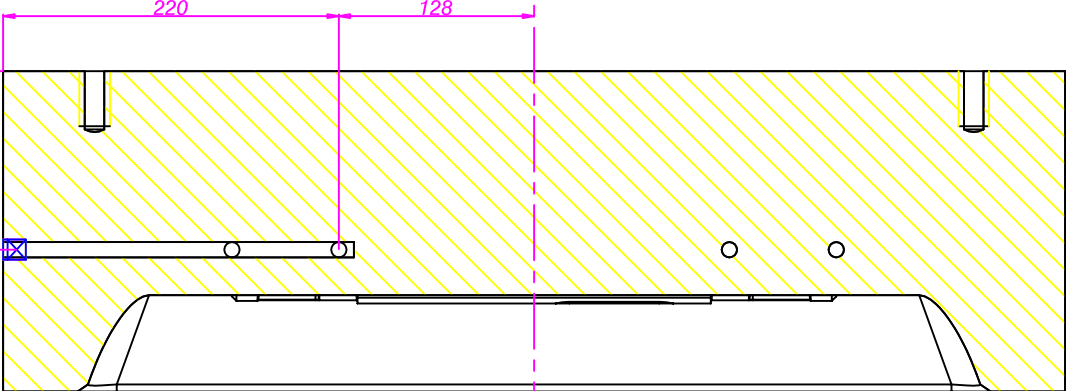
SECCIÓN E-E



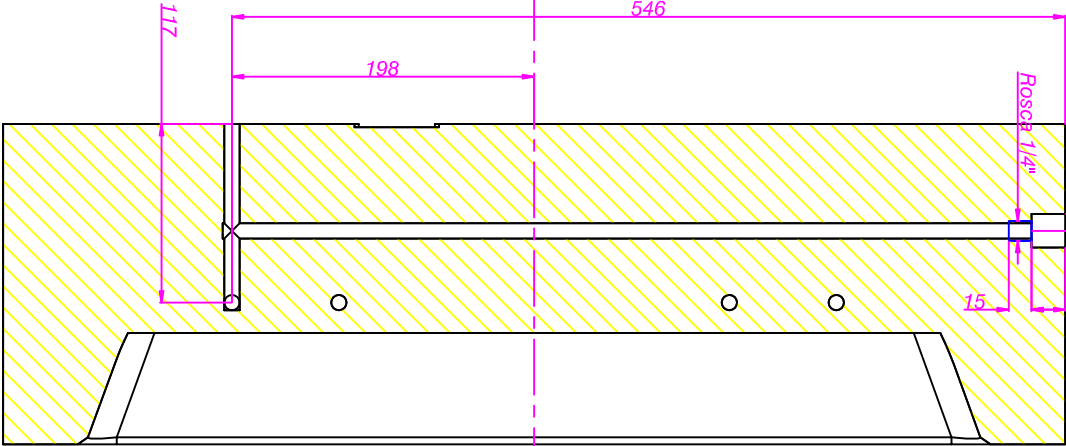
SECCIÓN F-F



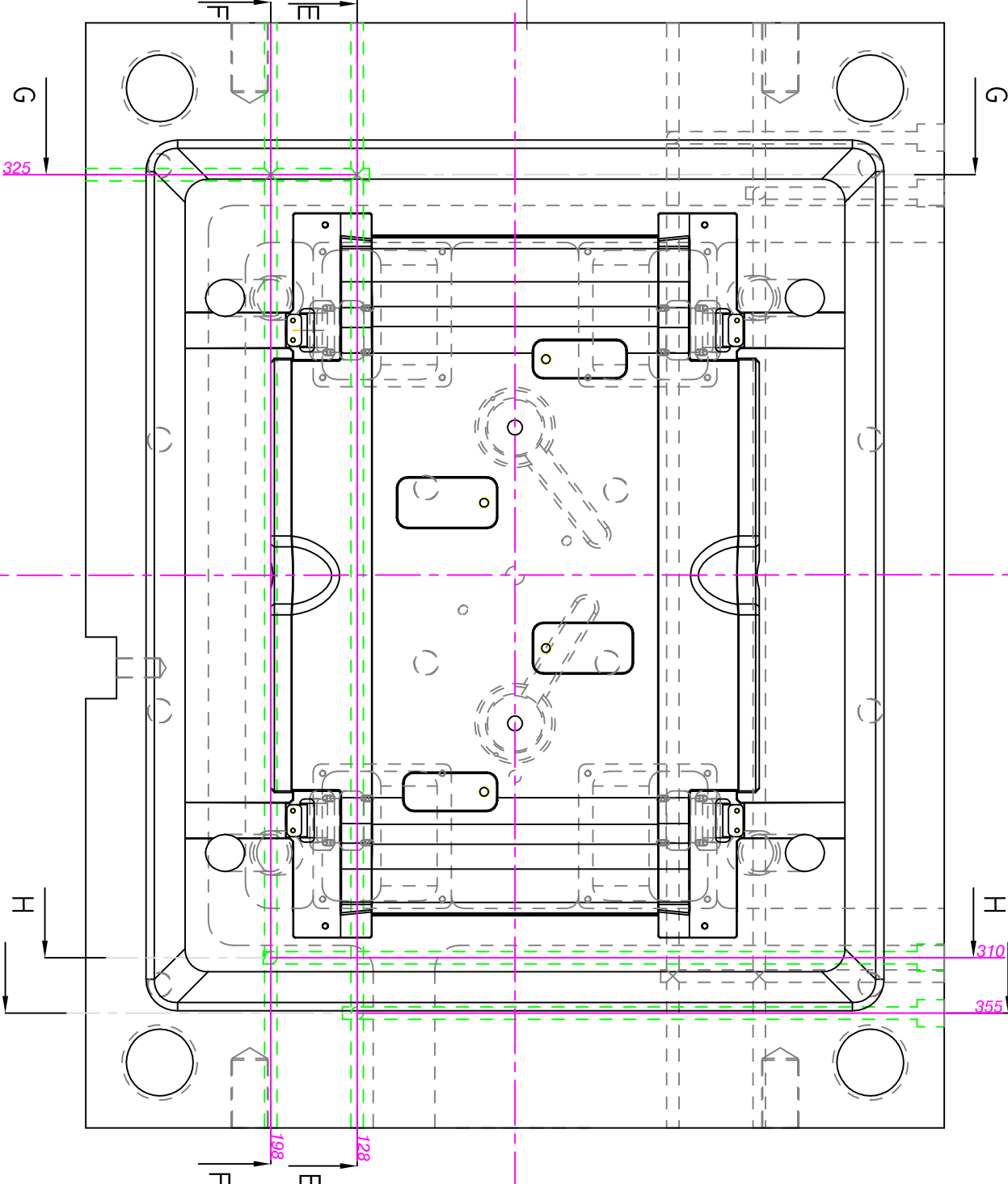
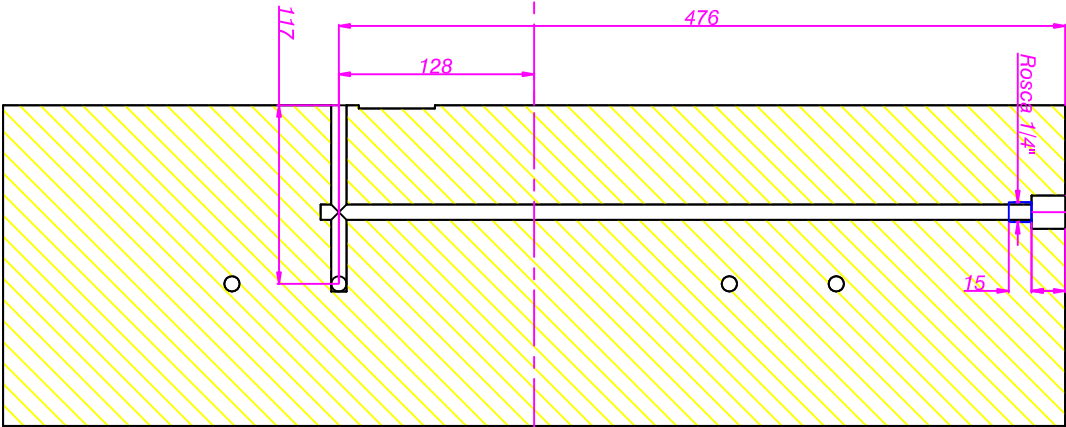
SECCIÓN G-G



SECCIÓN H-H



SECCIÓN I-I



CANALES REFRIGERACION Ø10

☑ DONDE SE MARQUE ESTE SIMBOLO ROSCAR 1/4" PROFUNDIDAD 15 MM  
POSTERIOR MENTE DEBERA PONERSE UN TAPON REFR. ROSCA CONICA 1/4"

Tolerancias no especificadas

Cotas de:  
0,5 a 6 ±0,1  
6 a 30 ±0,2  
30 a 120 ±0,3  
120 a 400 ±0,5  
400 a 1000 ±0,8  
mas de 1000 ±1,2

Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE  
PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO

REALIZADO:

ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO

FIRMA:

PLANO:

PLACA CAVIDAD CANAL REFRIGERACIÓN 2

CANTIDAD:

1

FECHA:

29-03-12

ESCALA:

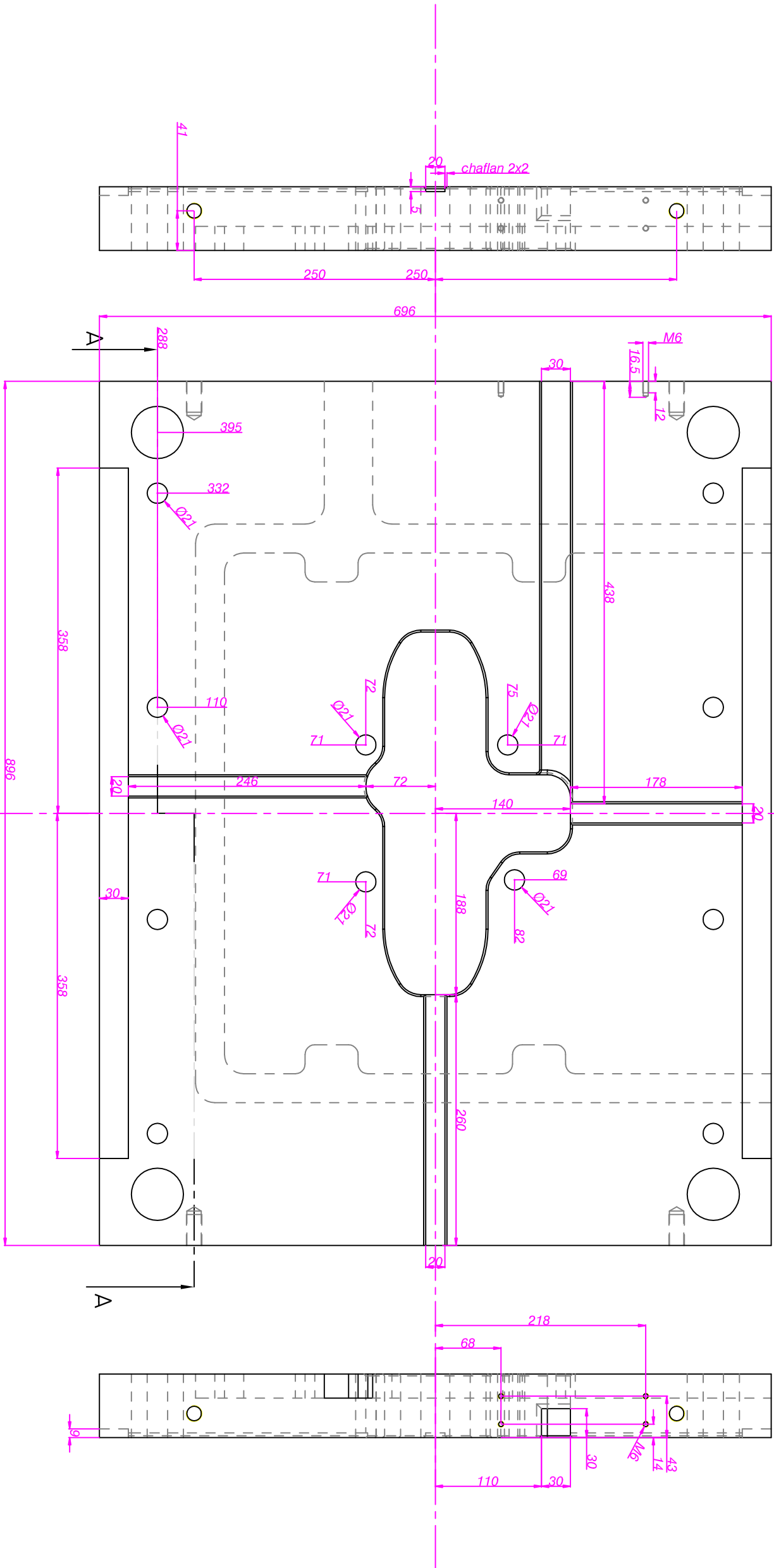
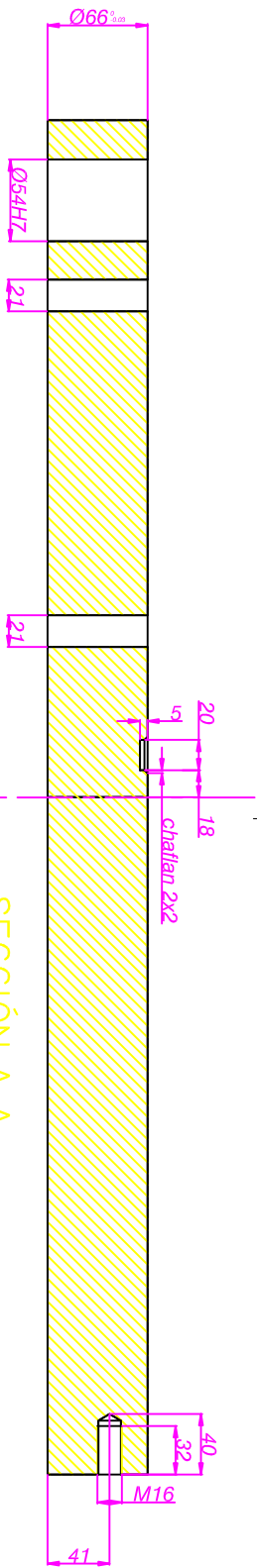
1/5

Nº PLANO


28

Uninavarrako Erakundeak erresaltatu dira  
Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erresaltatu dira

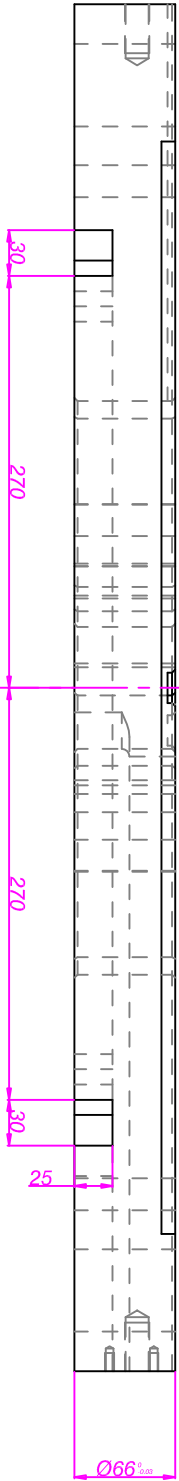
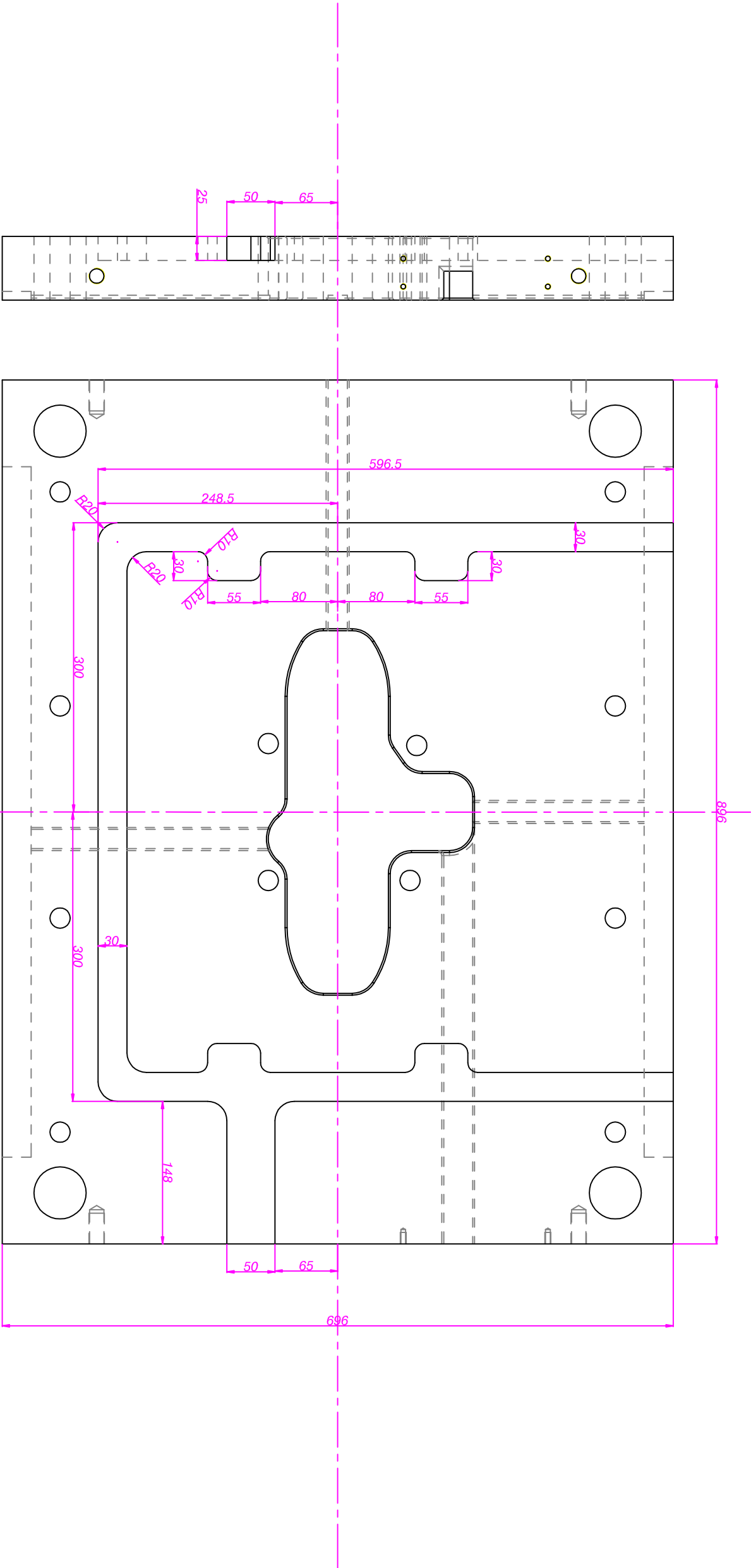





Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	±0.1
0.5 a 6	±0.1
6 a 30	±0.2
30 a 120	±0.3
120 a 400	±0.5
400 a 1000	±0.8
mas de 1000	±1.2

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	

PROYECTO: <b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b>		REALIZADO: <b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b>	
PLANO: <b>PLACA PORTACAMARA TALADROS Y REGATAS CAMARA CALIENTE</b>		FIRMA:	
CANTIDAD: <b>1</b>		FECHA: <b>29-03-12</b>	
ESCALA: <b>1/5</b>		Nº PLANO: <b>29</b>	



Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0.5 a 6	±0.1
6 a 30	±0.2
30 a 120	±0.3
120 a 400	±0.5
400 a 1000	±0.8
mas de 1000	±1.2

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	

PROYECTO: **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO**

REALIZADO: **ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**

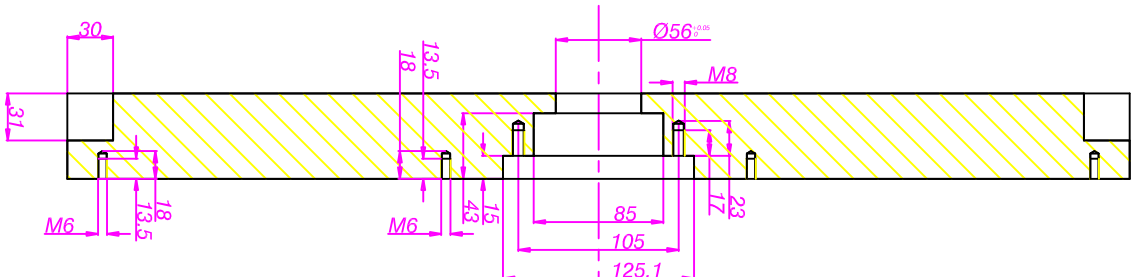
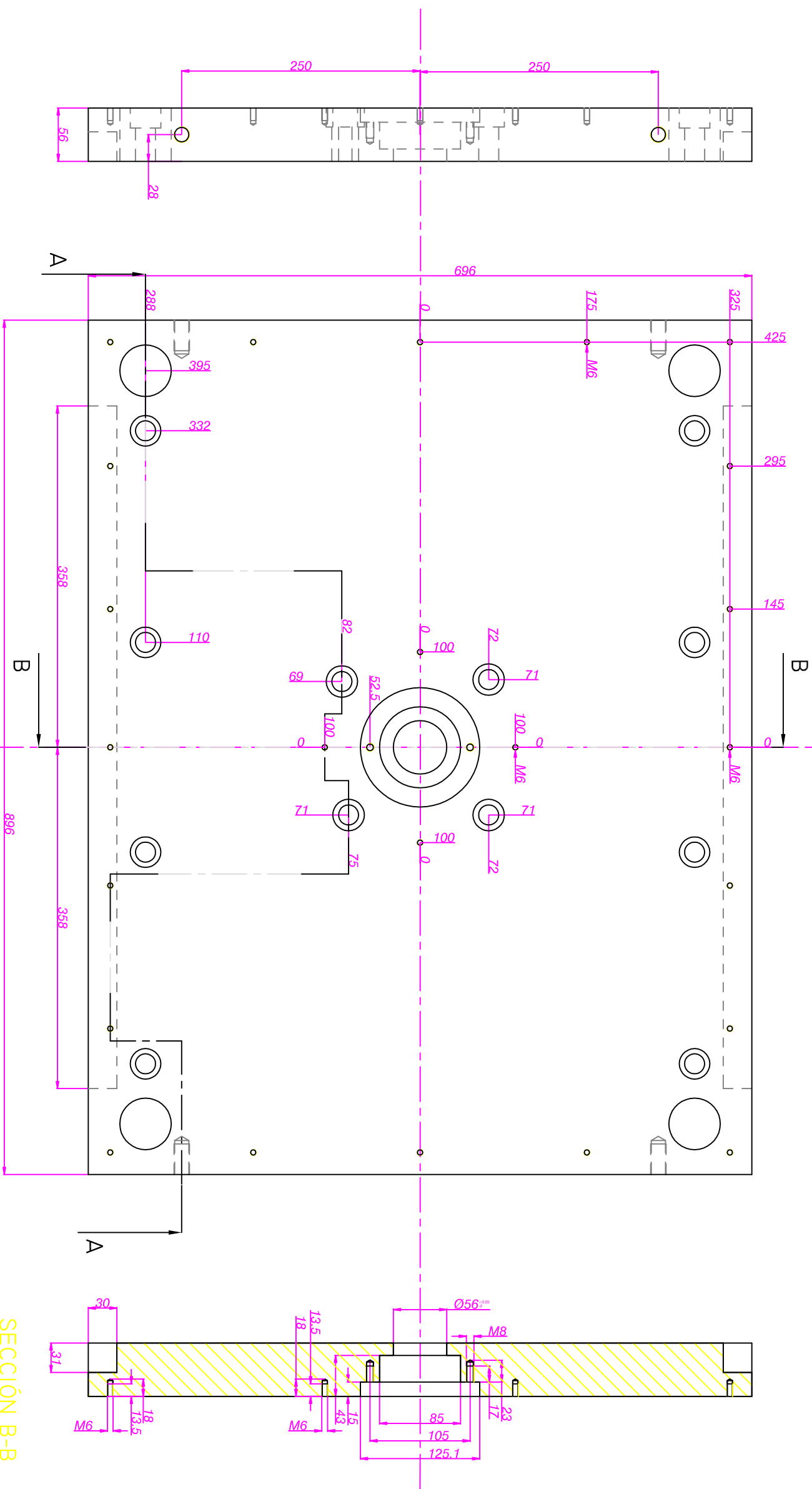
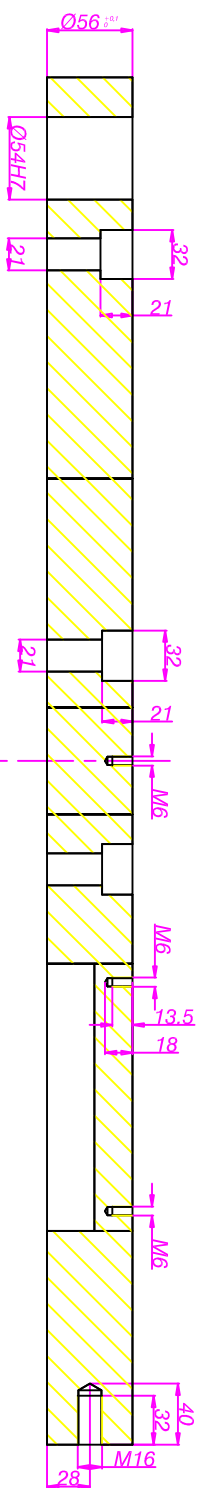
PLANO: **PLACA PORTACAMARA**

REGATAS SALIDAS TUBOS

CABLES MOVIMIENTOS HIDRAULICOS CAVIDAD



CANTIDAD:	1	FECHA:	29-03-12	ESCALA:	1/5	Nº PLANO:	30
-----------	---	--------	----------	---------	-----	-----------	----

Todos los derechos reservados.  
Eskubide guztiak erresalbatu dira

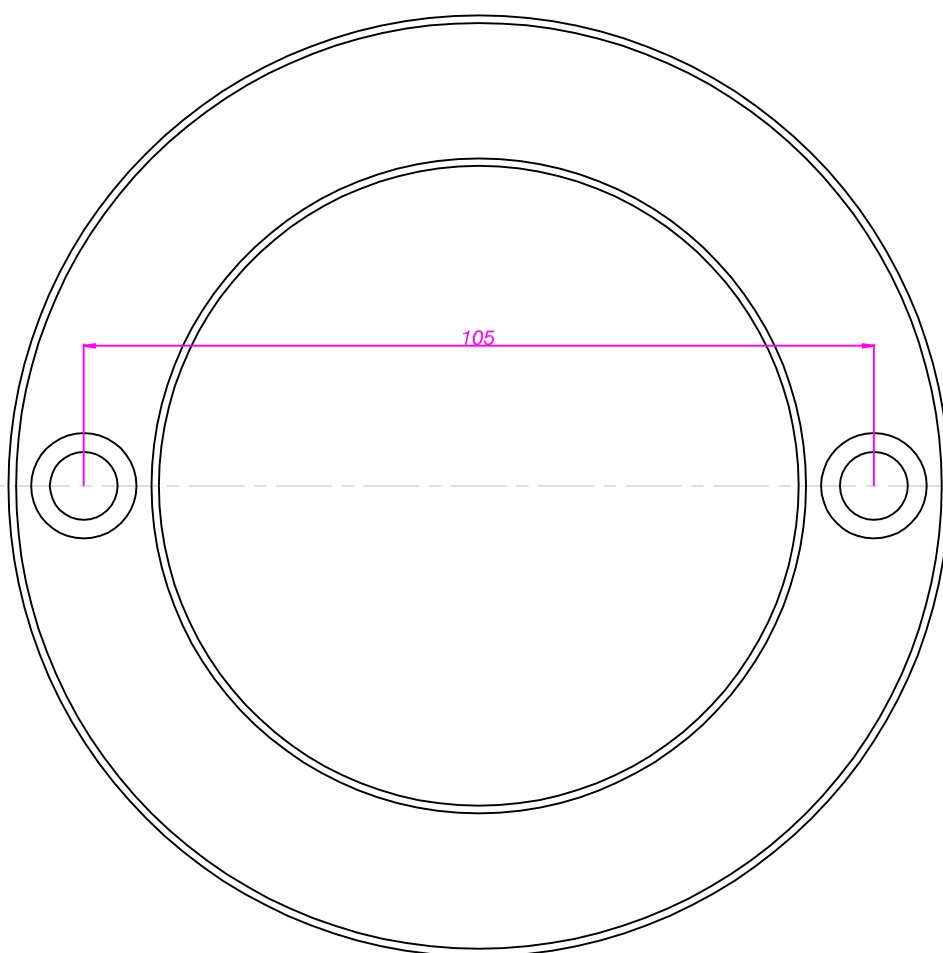
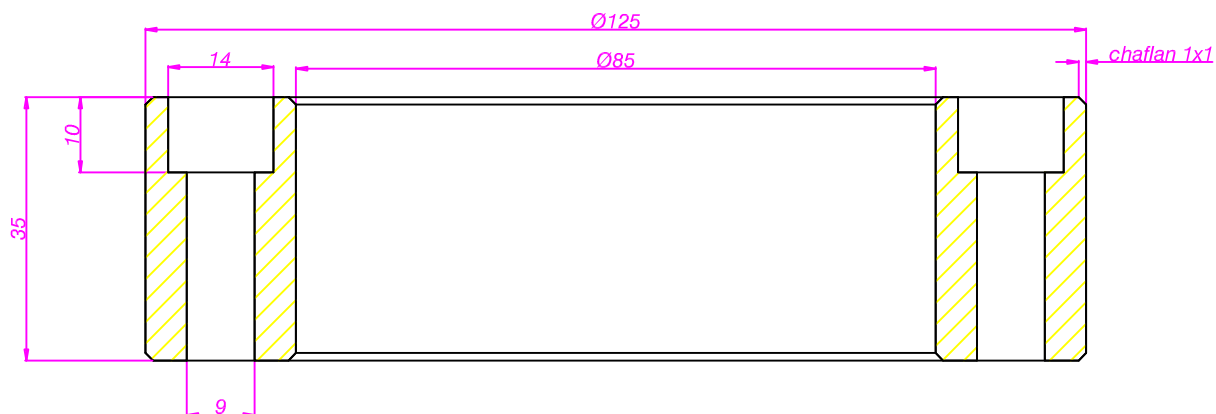


Tolerancias no especificadas

Cotas de:	
0,5 a 6	±0,1
6 a 30	±0,2
30 a 120	±0,3
120 a 400	±0,5
400 a 1000	±0,8
más de 1000	±1,2

 <b>Universidad Pública</b> de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO</b> <b>TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	
<b>PROYECTO:</b>  <b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO</b>		<b>DEPARTAMENTO:</b> <b>DEPARTAMENTO DE ING.</b> <b>MECANICA, ENERGÉTICA</b> <b>Y DE MATERIALES</b>	
<b>REALIZADO:</b>  <b>ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO</b>		<b>FIRMA:</b>  	
<b>PLANO:</b>  <b>PLACA PORTACAMARA</b>		<b>CANTIDAD:</b>  <b>1</b>	<b>FECHA:</b>  <b>29-03-12</b>
		<b>ESCALA:</b>  <b>1/5</b>	<b>Nº PLANO</b>  <b>37</b>

# SECCIÓN A-A



Tolerancias no especificadas	
Cotas de:	
0,5 a 6	±0.1
6 a 30	±0.2
30 a 120	±0.3
120 a 400	±0.5
400 a 1000	±0.8
mas de 1000	±1.2



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECANICA, ENERGETICA**  
**Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE**  
**PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO**

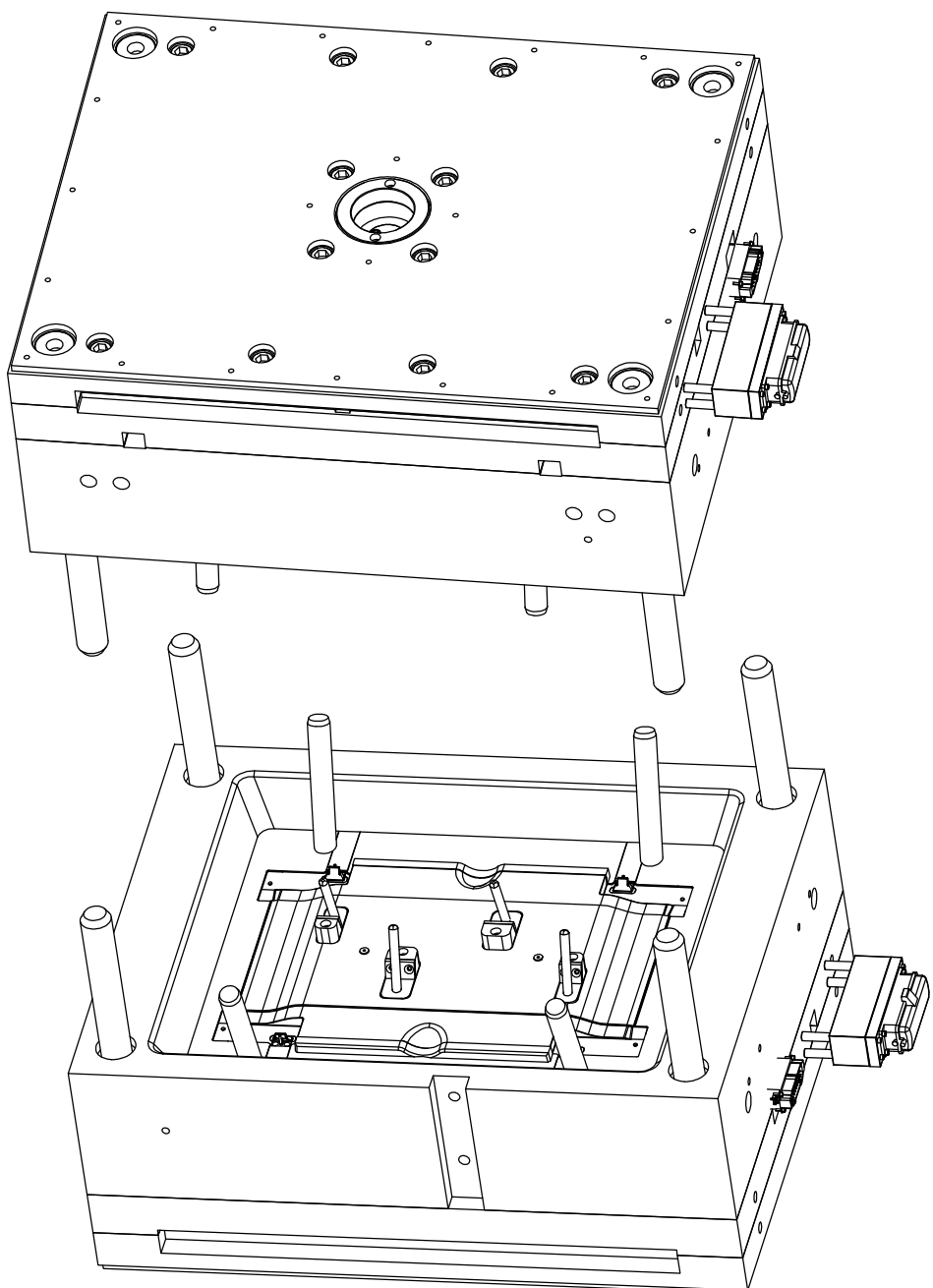
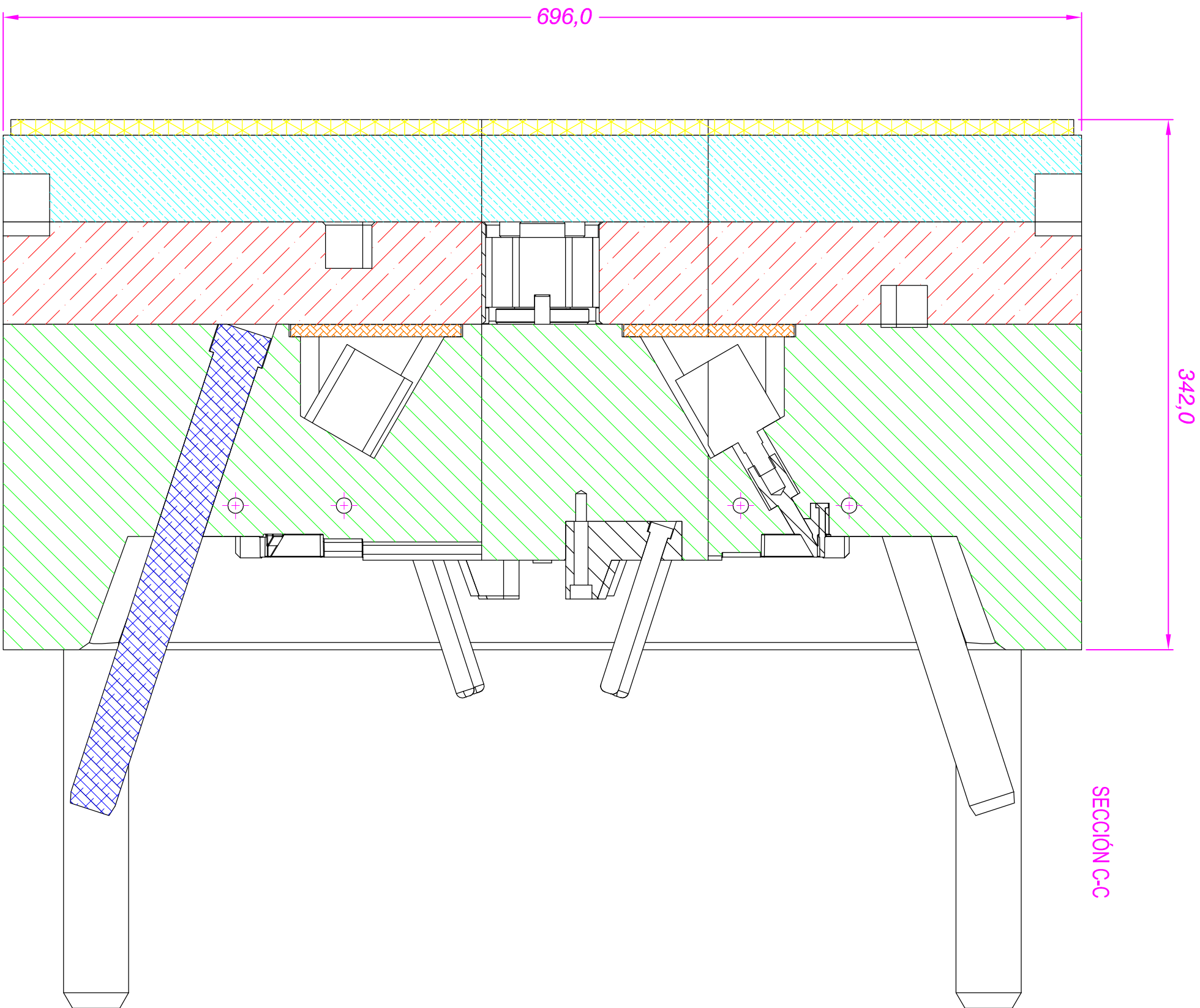
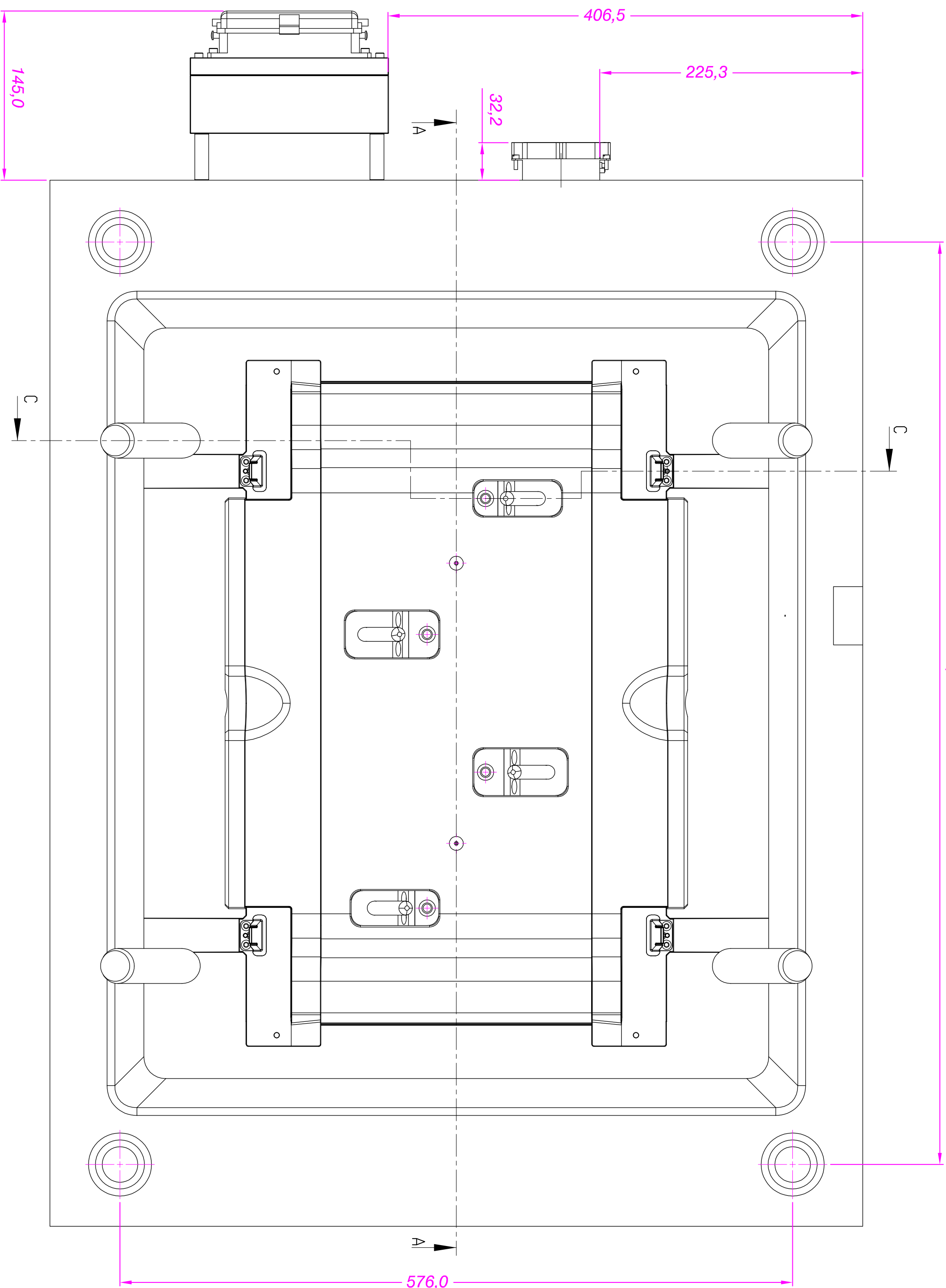
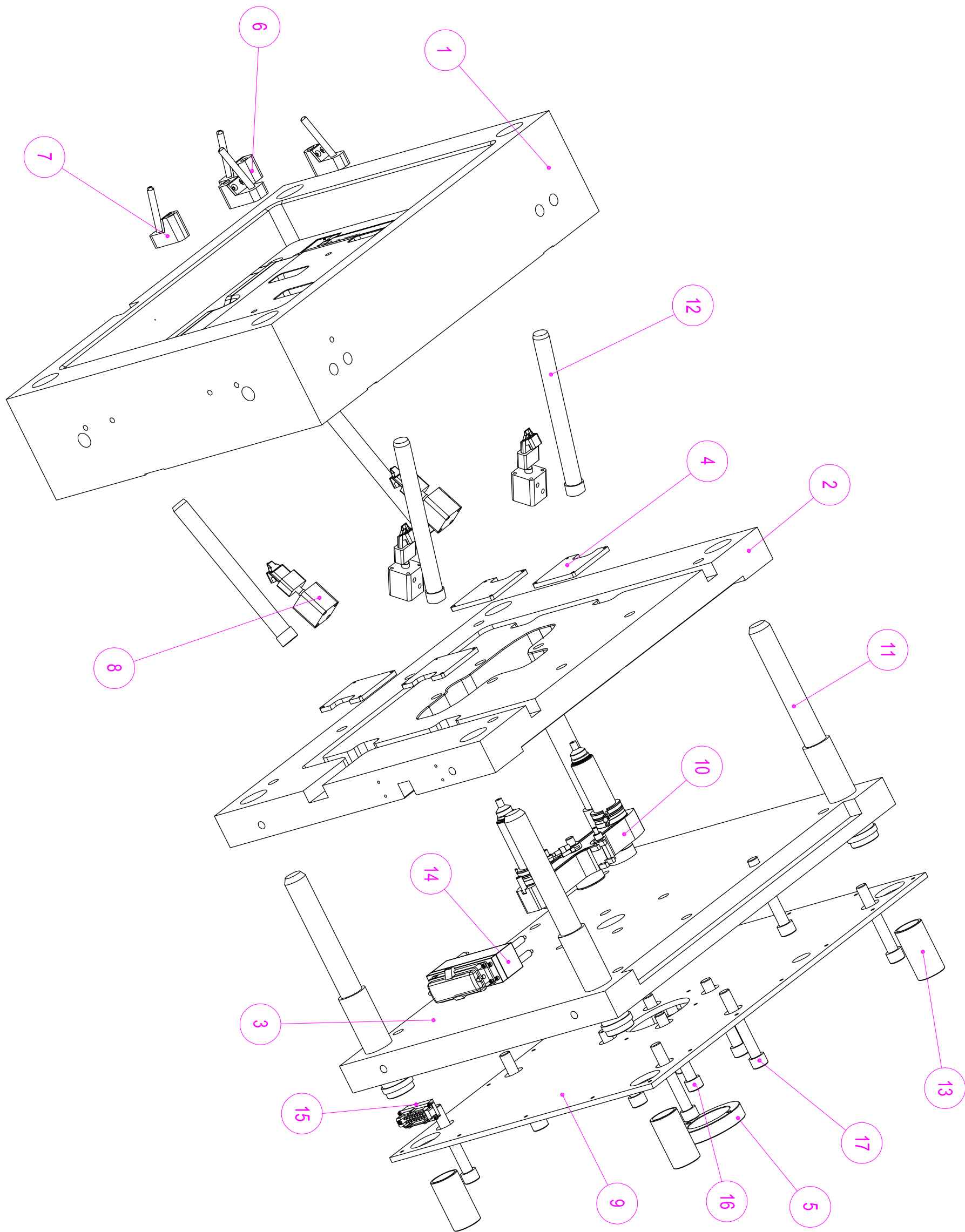
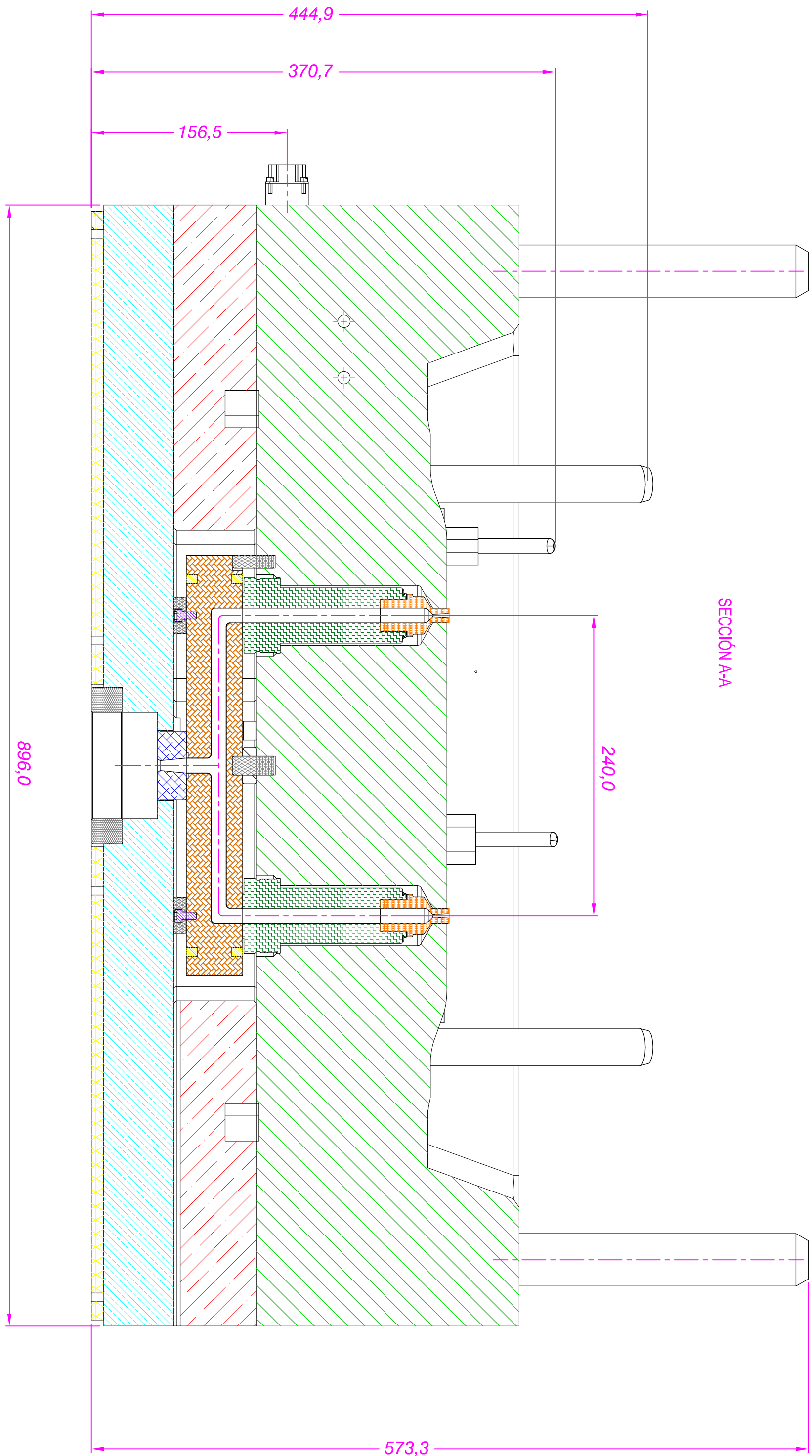
REALIZADO:

**ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO**


FIRMA:







17	TORNILLOS ALLEN DIN 912	M 20 x 135	Artículo Normalizado	12
16	TORNILLOS ALLEN DIN 912	M 8 x 25	Artículo Normalizado	6
15	CONECTOR		Artículo Normalizado	1
14	CONECTOR NV 3/8		Artículo Normalizado	1
13	CASQUILLO COLUMNA GUIA CC2S	54 X 100	Artículo Normalizado	4
12	COLUMNAS GUIA CORREDEIRA GCS	30 x 42 x 325	Artículo Normalizado	4
11	COLUMNAS GUIA MOLDE GC2S	42 x 195 x 246	Artículo Normalizado	4
10	CAMARA CALIENTE	336 x 210 x 74	Artículo Normalizado	1
9	PLACA ASIANTE	896 x 896 x 10	Fibra Vidio Asialite	1
8	CORREDEIRA HIDRAULICA	12 x 45 x 20	Acero 2711	4
7	CUNA MOVIMIENTO CORREDEIRA 3	75 x 50 x 30	Acero 2711	2
6	ARO CENTRADOR	80 x 45 x 40	Acero 2711	2
5	TAPAS CILINDROS	ø 125 x 35	Acero 1730	1
4	PLACA BASE LADO FIJO	115 x 110 x 8	Acero 1730	4
3	PLACA PORTACAMARA CALIENTE	896 x 896 x 56	Acero 1730	1
2	PLACA CAVIDAD	896 x 896 x 66	Acero 1730	1
1		896 x 896 x 210	Acero 2711	1

	Universidad Pública	E.T.S.I.I.T.
	de Navarra	
Ingeniero	Návarro	INGENIERO
Técnico Industrial M.	Universitatè Pública	TÉCNICO INDUSTRIAL M.

PROYECTO: DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO

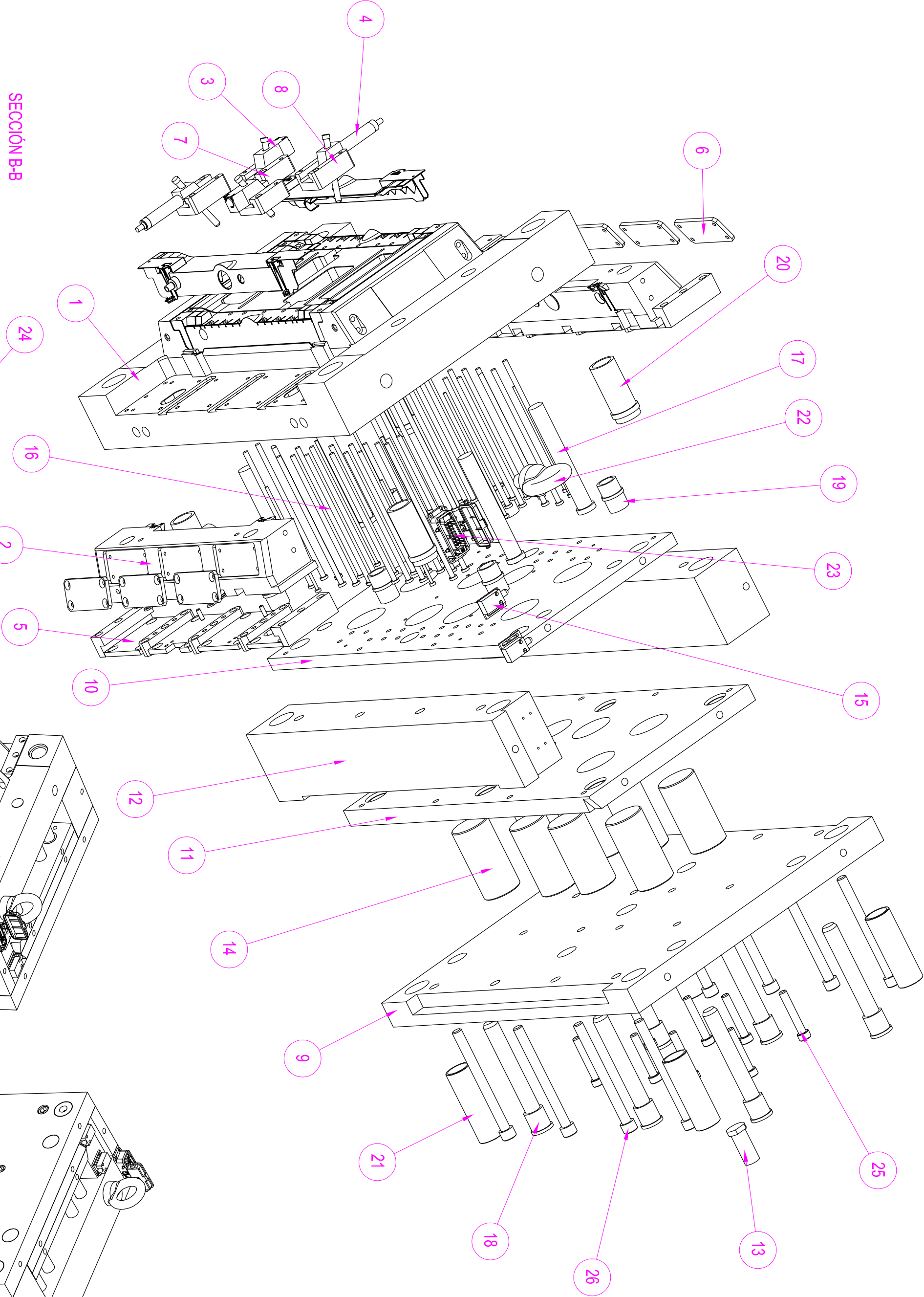
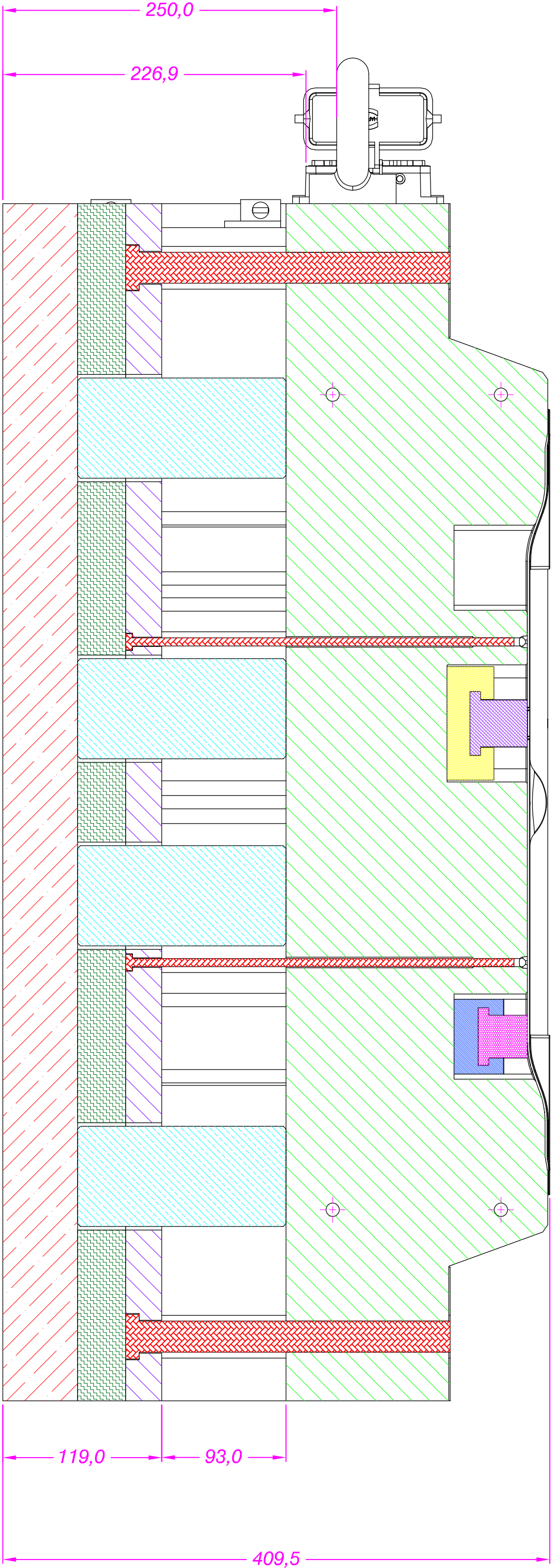
REALIZADO: ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO

FECHA: 29-03-12

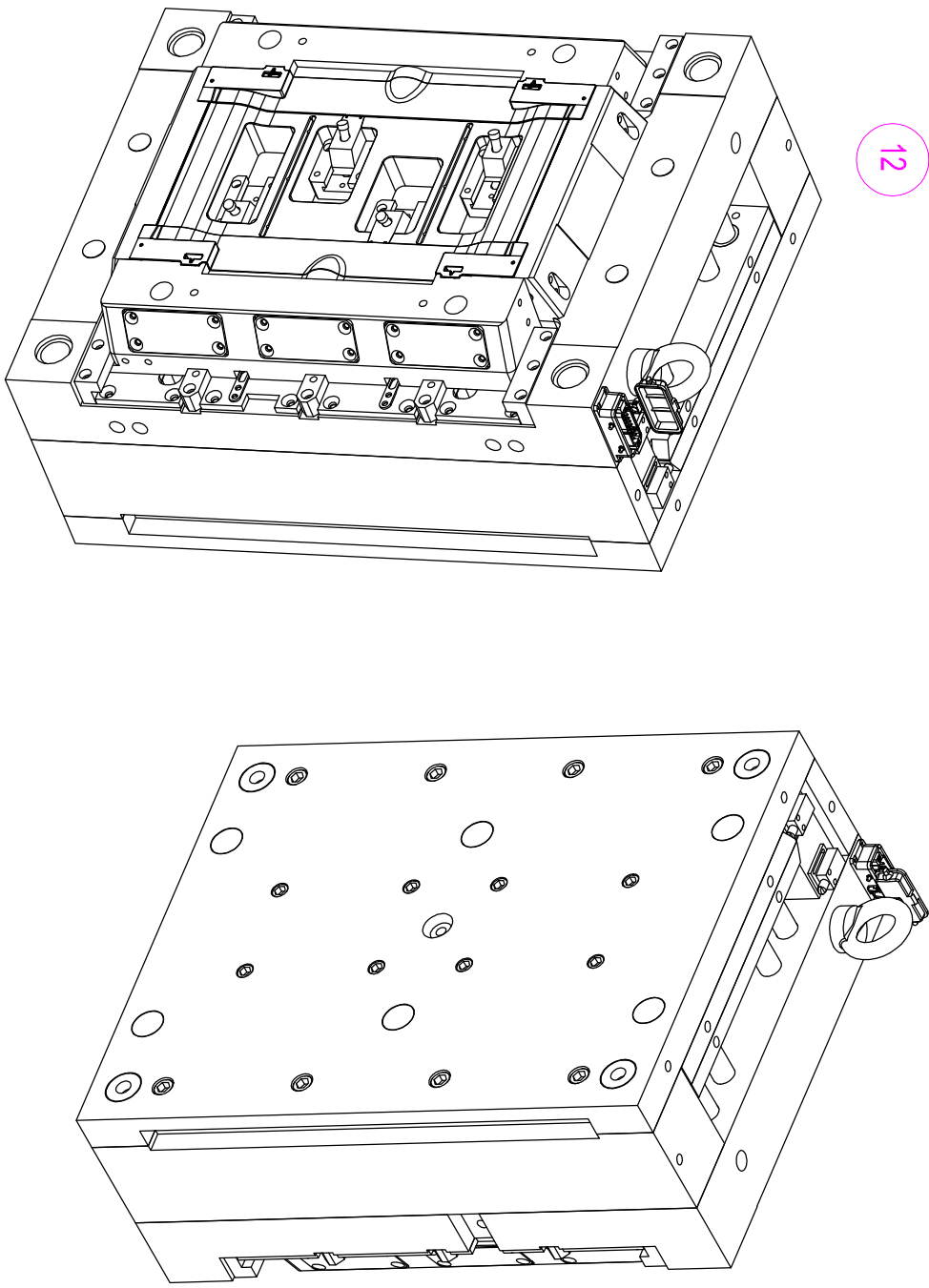
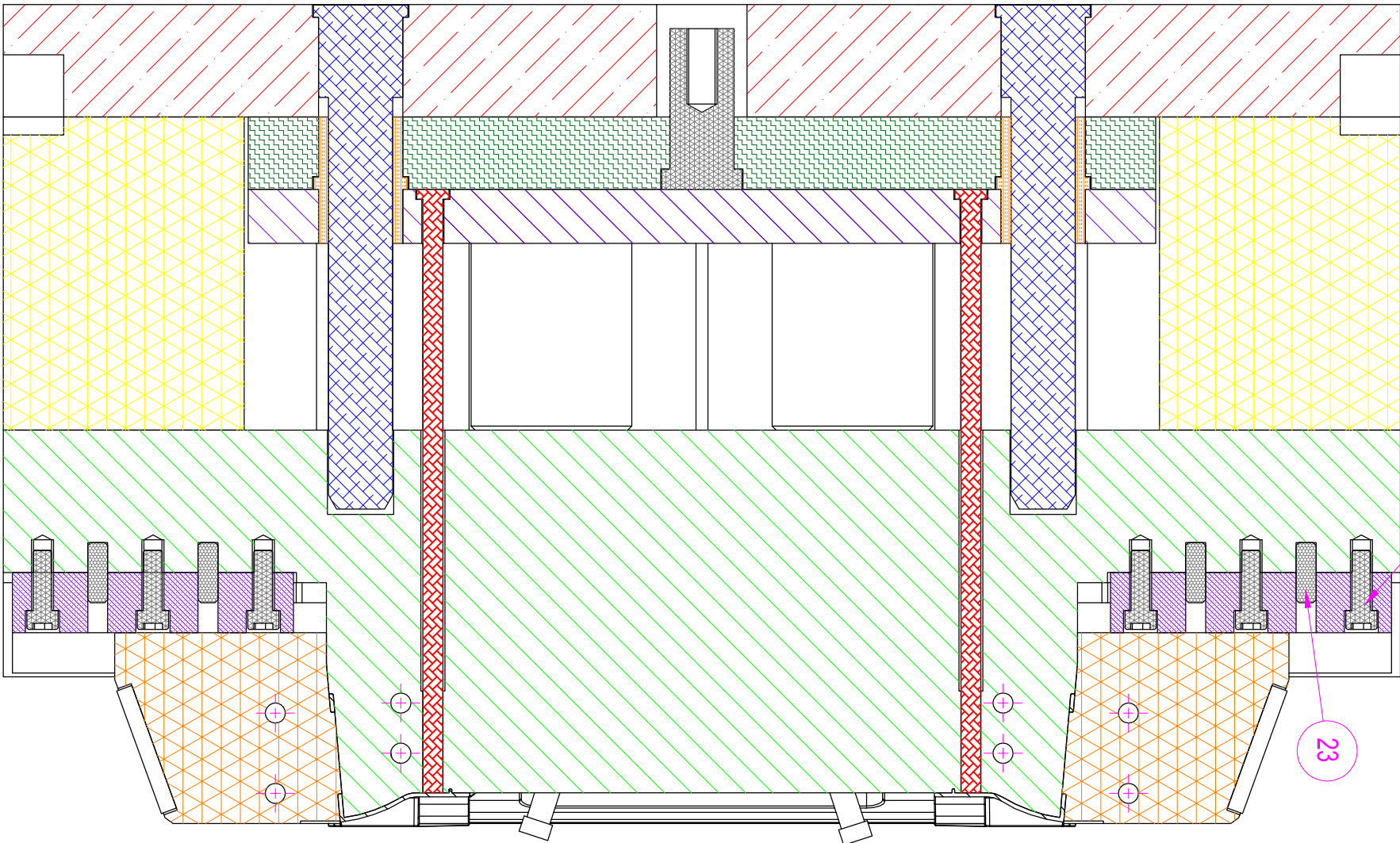
ESCALA: 1/3



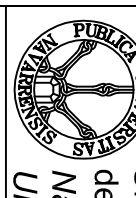
SECCION AA



SECCION B-B



26	TORNILLOS ALLEN DIN 912	M 20 x 230	Artículo Normalizado	8
25	TORNILLOS ALLEN DIN 912	M 16 x 45	Artículo Normalizado	8
24	TORNILLOS ALLEN DIN 912	M 10 x 35	Artículo Normalizado	54
23	PASADORES ø 8 mm	Artículo Normalizado	Artículo Normalizado	20
22	CANCAÑO	Artículo Normalizado	Artículo Normalizado	1
21	CASQUILLO GC2S	54 x 160	Artículo Normalizado	4
20	CASQUILLO GC2S	42 x 115	Artículo Normalizado	4
19	CASQUILLO BRONCE GRAFT BR13W	32 x 16	Artículo Normalizado	6
18	COLUMNAS GUÍA EXPULSORES GCS	30 x 42 x 325	Artículo Normalizado	6
17	GUÍAS DE RETROCESO	ø 32 x 243	Artículo Normalizado	4
16	EXPULSORES	ø 10 y ø 6	Artículo Normalizado	46
15	FINES DE CARRERA	55x 42 x 15	Artículo Normalizado	2
14	TACOS DE APOYO	ø 80 x 156	Artículo Normalizado	8
13	TIRADOR DE EXPULSION	ø 32 x 60	Artículo Normalizado	1
12	REGLES	896 x 456 x 120	Artículo Normalizado	2
11	PLACA SUPURSORA EXPULSION	896 x 452 x 36	Artículo Normalizado	1
10	PLACA BASE LADO MOVIL	896 x 452 x 27	Artículo Normalizado	1
9	DESILIZADERA CORREDERA 3	896 x 696 x 56	Artículo Normalizado	1
8	DESILIZADERA CORREDERA 2	100 x 70 x 38	Artículo Normalizado	2
7	DESILIZADERA CORREDERA 1	86 x 60 x 35	Artículo Normalizado	2
6	REGLES CUÑA CORREDERA 1	150 x 65 x 8	Artículo Normalizado	6
5	REGLES CUÑA CORREDERA 2	690 x 140 x 35	Artículo Normalizado	2
4	CORREDERA 3	171 x 43 x 37	Artículo Normalizado	2
3	CORREDERA 2	82 x 48 x 43	Artículo Normalizado	2
2	CORREDERA 1	648 x 125 x 110	Artículo Normalizado	2
1	PLACA MACHO	896 x 696 x 196	Artículo Normalizado	1

PROYECTO:	 Universidad Pública de Navarra Mairénakio Unibertsitate Publikoa	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	REALIZADO:	ANDRÉS SIMÓN, FERNANDO
DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE PIEZA DE PLÁSTICO		DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		
PLANO:	PARTE MOVIL MOLDE	FIRMA:	FECHA:	ESCALA:
			29-03-12	1/3



# **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

Titulación:

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO**

Título del proyecto:

## **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECTAR PIEZA DE PLÁSTICO**

### **PLIEGO DE CONDICIONES**

Fernando, Andrés Simón

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, Septiembre de 2012



**INDICE**

1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	8
2. NORMATIVA Y SEGURIDAD EN LA FABRICACIÓN DE MOLDES. ....	8
2.1.- Identificación y descripción de la normativa. ....	8
2.1.1.- Normativa sobre adecuación de la maquinaria y equipos de trabajo. ....	8
2.1.1.1.- Maquinaria o equipo de fabricación posterior a 1995. ....	8
2.1.1.2.- Maquinaria, equipo e instalación fabricada, utilizada, modificada y/o puesta en servicio con anterioridad al 1 de enero de 1995. ....	8
2.1.2.- Otra normativa sobre equipos de trabajo. ....	9
2.1.2.1.- Algunas normas UNE a tener como referencia. ....	9
2.1.3.- Otros aspectos legales de aplicación. ....	10
2.1.3.1.- Normativa de carácter general. ....	12
2.1.3.2.- Normativa sobre equipos de protección individual. ....	12
2.1.3.3.- Ruido. ....	12
2.1.3.4.- Lugares de trabajo. ....	12
2.1.3.5.- Riesgo eléctrico. ....	12
2.1.3.6.- Señalización. ....	13
2.1.3.7.- Aparatos a presión. ....	13
2.1.3.8.- Productos químicos. ....	13
2.1.3.9.- Emergencias ....	13
2.2.- Análisis del Real Decreto 1215/1997. ....	14
2.2.1.- Introducción. ....	14
2.2.2.- Órganos de accionamiento. ....	14
2.2.3.- Puesta en marcha. ....	15
2.2.4.- Parada del equipo. ....	16
2.2.5.- Caída de objetos y protecciones. ....	17
2.2.6.- Dispositivos de captación o extracción. ....	18
2.2.7.- Acceso de los trabajadores al equipo. ....	18
2.2.8.- Rotura o estallido. ....	18
2.2.9.- Accidentes con las partes móviles de un equipo. ....	19
2.2.10.- Iluminación. ....	19
2.2.11.- Exposición a altas o bajas temperaturas. ....	20
2.2.12.- Dispositivos de alarmas. ....	20
2.2.13.- Separación de fuentes de energía. ....	21
2.2.14.- Señalización. ....	21
2.2.15.- Riesgo de incendio. ....	22
2.2.16.- Riesgo de explosión. ....	22
2.2.17.- Riesgo de contacto eléctrico. ....	22
2.2.18.- Ruido, vibraciones y radiaciones. ....	23
2.2.19.- Líquidos corrosivos. ....	24
2.2.20.- Herramientas manuales. ....	24

2.3.- Sistemas de protección. . . . .	24
2.3.1.- Principales elementos de seguridad. . . . .	24
2.3.1.1.- Resguardos fijos. . . . .	24
2.3.1.2.- Resguardos móviles con interruptores de enclavamiento. . . . .	25
2.3.1.3.- Precauciones en la instalación de detectores. . . . .	26
2.3.1.4.- Resguardos autorregulables o de regulación manual. . . . .	27
2.3.1.5.- Doble mando. . . . .	27
2.3.1.6.- Controladores de luz fotoeléctrica. . . . .	28
2.3.1.7.- Elementos de seguridad sensibles a la presión. . . . .	28
2.3.1.8.- Parada de emergencia . . . . .	29
2.3.2.- Criterios para la selección de resguardos. . . . .	30
2.3.3.- Requisitos generales que deben cumplir los resguardos. . . . .	30
2.3.4.- Categorías de sistemas de control de elementos de seguridad. . . . .	32
2.3.4.1.- Elección de categorías de seguridad. . . . .	34
2.3.5.- Posibles defectos y fallos más habituales en sistemas de control de equipos de protección. . . . .	36
2.3.5.1.- Componentes eléctricos o electrónicos. . . . .	36
2.3.5.2.- Componentes hidráulicos y neumáticos. . . . .	37
2.3.5.3.- Componentes mecánicos. . . . .	37
2.3.6.- Sistemas de protección contra contactos eléctricos. . . . .	37
2.3.6.1.- Puesta a Tierra. . . . .	40
2.3.6.2.- Interruptor diferencial. . . . .	41
2.4.- Análisis de los equipos de trabajo. . . . .	42
2.4.1.- Prensas mecánicas . . . . .	43
2.4.1.1.- Funcionamiento . . . . .	43
2.4.1.2.- Riesgos. . . . .	43
2.4.1.3.- Soluciones al atrapamiento. . . . .	44
2.4.1.4.- Soluciones a la caída de objetos en manipulación y golpes con objetos. . . . .	46
2.4.1.5.- Soluciones a sobreesfuerzos. . . . .	47
2.4.1.6.- Soluciones a la exposición al ruido. . . . .	47
2.4.1.7.- Soluciones a la exposición a vibraciones. . . . .	47
2.4.1.8.- Soluciones a los contactos eléctricos. . . . .	47
2.4.1.9.- Normas básicas en el trabajo con prensas mecánicas. . . . .	47
2.4.2.- Prensas hidráulicas. . . . .	48

2.4.3.- Equipos de mecanizado. . . . .	48
2.4.3.1.- Funcionamiento. . . . .	48
2.4.3.2.- Torno. . . . .	48
2.4.3.3.- Taladradora. . . . .	48
2.4.3.4.- Fresadora. . . . .	48
2.4.3.5.- Mandrinadora. . . . .	49
2.4.3.6.- Rectificadora. . . . .	49
2.4.3.7.- Riesgos. . . . .	50
2.4.3.8.- Soluciones al riesgo de atrapamiento. . . . .	50
2.4.3.9.- Soluciones a golpes con objetos y cortes. . . . .	53
2.4.3.10.- Soluciones a proyección de partículas. . . . .	55
2.4.3.11.- Soluciones a sobreesfuerzos. . . . .	55
2.4.3.12.- Soluciones al contacto eléctrico. . . . .	55
2.4.3.13.- Normas básicas en el trabajo con tornos. . . . .	55
2.4.3.14.- Normas básicas en el trabajo con taladros. . . . .	56
2.4.3.15.- Normas básicas en el trabajo con fresadoras. . . . .	56
2.4.4.- Equipos de electroerosión . . . . .	56
2.4.4.1.- Funcionamiento. . . . .	56
2.4.4.2.- Riesgos. . . . .	57
2.4.4.3.- Soluciones al atrapamiento. . . . .	58
2.4.4.4.- Soluciones al contacto térmico. . . . .	59
2.4.4.5.- Soluciones al contacto eléctrico. . . . .	59
2.4.4.6.- Soluciones a los riesgos de incendio y explosión. . . . .	59
2.4.4.7.- Soluciones a sobreesfuerzos. . . . .	59
2.4.4.8.- Normativa básica en el trabajo con equipos de electroerosión. . . . .	60
2.4.5.- Inyectoras. . . . .	60
2.4.5.1.- Funcionamiento. . . . .	60
2.4.5.2.- Riesgos. . . . .	61
2.4.5.3.- Soluciones al atrapamiento. . . . .	62
2.4.5.4.- Soluciones al contacto térmico. . . . .	64
2.4.5.5.- Soluciones al contacto eléctrico. . . . .	64
2.4.5.6.- Soluciones a los sobreesfuerzos y caída a distinto nivel. . . . .	64
2.4.6.- Esmeriladoras. . . . .	65
2.4.6.1.- Riesgos. . . . .	65
2.4.6.2.- Soluciones a golpes contra objetos. . . . .	65
2.4.6.3.- Soluciones a cortes y quemaduras. . . . .	66
2.4.6.4.- Soluciones a la protección de partículas. . . . .	66
2.4.6.5.- Normas básicas en el trabajo con esmeriladoras. . . . .	66

2.4.7.- Carretillas elevadoras. ....	67
2.4.7.1.- Funcionamiento. ....	67
2.4.7.2.- Riesgos. ....	67
2.4.7.3.- Soluciones a la caída de cargas a distinto nivel. ....	69
2.4.7.4.- Soluciones a la caída de personas a distinto nivel. ....	69
2.4.7.5.- Soluciones al vuelco/ caída conductor. ....	69
2.4.7.6.- Soluciones al riesgo de atropello. ....	70
2.4.7.7.- Normas básicas en el trabajo con carretillas elevadoras. ....	71
2.4.8.- Puentes grúa y otros quipos de elevación de carga. ....	72
2.4.8.1.- Funcionamiento. ....	72
2.4.8.2.- Riesgos. ....	72
2.4.8.3.- Soluciones a la caída de objetos desde altura. ....	73
2.4.8.4.- Soluciones al golpeo de la carga o el gancho contra objetos o personas. ....	74
2.4.8.5.- Normas básicas en el trabajo con puentes grúa u otros sistemas de elevación y transporte de carga. ....	75
2.5.- Aspectos sobre el manejo de cargas. ....	75
2.5.1.- Manejo de cargas. ....	76
2.5.2.- Trabajos que incluyen movimientos repetitivos. ....	77
2.5.2.1.- Molestias en el cuello. ....	77
2.5.2.2.- molestias en los hombros. ....	77
2.5.2.3.- Molestias en los codos. ....	78
2.5.2.4.- Molestias en las muñecas. ....	78
2.6.- Utilización de herramientas manuales. ....	79
2.6.1.- Disposiciones de carácter general. ....	80
2.6.2.- Martillos. ....	80
2.6.3.- Limas. ....	80
2.6.4.- Llaves. ....	81
2.6.5.- Destornilladores. ....	81
2.6.6.- Tenazas y alicates. ....	82
2.6.7.- Cortafríos. ....	82
2.7.- Equipos de protección individual. ....	83
2.7.1.- Características generales que debe tener un EPI. ....	83
2.7.2.- Criterios de selección de un EPI. ....	83
2.8.- Opciones de mejora detectadas. ....	85
2.9.- Numeración de los reales decretos. ....	86
 3. REQUERIMIENTOS EN LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN. ....	 86
3.1.- Tipo de máquina y capacidad. ....	86
3.2.- Fuerza de cierre. ....	86
3.3.- Husillos. ....	87
3.4.- Moldes. ....	87



4. CONDICIONES DE INYECCIÓN .....	87
4.1.- introducción. ....	87
4.2.- Plastificación. ....	88
4.2.1.- Contrapresión. ....	88
4.2.2.- Velocidad de rotación del husillo. ....	88
4.3.- Temperatura de inyección. ....	88
4.4.- Presiones de inyección .....	89
4.2.1.- 1ª Presión. ....	89
4.2.2.- 2ª Presión o presión de mantenimiento. ....	90
4.5.- Velocidad de inyección. ....	90
4.6.- Temperatura del molde. ....	91
4.7.- Contracción durante el moldeo. ....	91
4.8.- Contracción postmoldeo. ....	92
5. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES. ....	92
5.1.- Aceros improntas. ....	97
5.2.- Aceros mecanismos. ....	99
5.3.- Aceros para sufrideras, correderas y guías de correderas. ....	99
5.4.- Aceros bebederos. ....	99
5.5.- Aceros bastidor o portamoldes. ....	99
6. FABRICACIÓN DEL MOLDE. ....	100
6.1.- Fabricación de las diferentes piezas. ....	100
6.1.1.- Introducción. ....	100
6.1.2.- Máquinas para el conformado de las piezas. ....	100
6.1.2.1.- Tipos de procesos de fabricación. ....	100
6.1.2.2.- Máquina herramienta. ....	102
6.1.3.- Fabricación de las diferentes piezas del molde. ....	107
6.1.3.1.- Fabricación de electrodos y electroerosión. ....	107
6.1.3.2.- Placa macho (Parte móvil) ....	110
6.1.3.3.- Placa cavidad (Parte fija) ....	112
6.1.3.4.- Corredera 1. ....	113
6.1.3.5.- Placas expulsora, sufridera de expulsión, base y porta cámara. .	114
6.1.3.6.- Placa aislante. ....	115
6.1.3.7.- Chaveta molde, tapas cilindros y pletina fin de carrera. ....	115
6.1.3.8.- Correderas 2, 3 e hidráulica. ....	115
6.1.3.9.- Guías deslizaderas de las correderas. ....	116
6.1.3.10.- Cuñas movimiento 2 y 3. ....	117
6.1.3.11.- Regles cuna y deslizadera corredera 1. ....	118
6.1.3.12.- Tirador de expulsión. ....	118
6.1.3.13.- Aro centrador. ....	118
6.1.3.14.- Tacos de apoyo. ....	119
6.1.3.15.- Expulsores. ....	119

6.2.- Montaje del molde. ....	120
6.2.1.- Introducción. ....	120
6.2.2.- Montaje de la parte fija ....	120
6.2.3.- Montaje de la parte móvil. ....	121
6.2.4.- Montaje de las dos partes del molde. ....	122
7. MANTENIMIENTO. ....	123
7.1.- Montaje seguro del molde. ....	124
7.2.- Requisitos de limpieza. ....	124
7.3.- Requisitos de lubricación. ....	125
7.4.- Limpieza de la salida de gases. ....	125
7.5.- Extremar precauciones con las funciones del expulsor. ....	125
7.6.- Comprobar todos los insertos. ....	125
7.7.- Mantener un control de la refrigeración del molde. ....	126
7.8.- Control de la alineación del molde. ....	126
7.9.- El canal caliente, el corazón del molde. ....	126
7.10.- Eliminar arrastres o negativos. ....	127
7.11.- Ruidos en el molde anormales. ....	128
7.12.- Cuando se termina la serie. ....	128

## 1.- BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto consta del diseño y fabricación de un molde para inyección de una pieza de plástico. Dicha pieza para la cual se ha diseñado el molde es una pieza interna de una nevera domestica, la cual es una pieza no vista de estos electrodomésticos. El material utilizado es el polipropileno (PP). Se ha elegido este plástico por varios motivos, el primero por que las propiedades de este material son las perfectas para el correcto funcionamiento de esta pieza, y la segunda por que el cliente así lo requiere.

El molde diseñado tiene 2 cavidades y se pretende una producción de 360.000 piezas al año, con una producción mínima total de 2.000.000 de piezas en toda la vida útil del molde.

Se exige una máquina inyectora acorde con las características del molde diseñado, para así conseguir la producción requerida.

## 2.- NORMATIVA Y SEGURIDAD EN LA FABRICACIÓN DE MOLDES

### 2.1.- Identificación y descripción de normativa

#### 2.1.1.- Normativa sobre adecuación de la maquinaria y equipos de trabajo

Para la adecuación de maquinaria de acuerdo a lo descrito en normativa de aplicación, debe tenerse en cuenta principalmente el año de fabricación. Así se pueden encontrar las siguientes situaciones:

##### 2.1.1.1.- Maquinaria o equipo de fabricación posterior al 1 de enero de 1995

Toda máquina adquirida que haya sido fabricada con posterioridad a 1995 debe cumplir el RD 1435/1992 de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas así como la 95/63 CEE. No obstante siempre debe



asegurarse por el usuario del equipo de trabajo el cumplimiento del RD 1215/97 de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Marcado CE en un equipo de trabajo.

##### 2.1.1.2.- Maquinaria, equipo e instalación fabricada, utilizada, modificada y/o puesta en servicio con anterioridad al 1 de enero de 1995.

Todo equipo/máquina fabricada antes de 1995, debe cumplir con el RD 1215/97 de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Además, debe tenerse en cuenta que si alguna máquina fabricada con posterioridad a 1 de enero de 1995, que disponga de marcado CE sufre alguna modificación sustancial que afecte a las condiciones que le otorgaron la certificación, deberá volver a certificarse considerando las modificaciones realizadas.

Asimismo, cuando varias máquinas con marcado “CE” se asocien a una línea productiva con funcionamiento solidario, el conjunto tiene consideración de máquina y debe certificarse para las nuevas condiciones de funcionamiento.

En cuanto al alquiler de máquinas o equipos de trabajo, es necesario exigir el cumplimiento de lo anteriormente mencionado en función de su año de fabricación y características de la máquina o equipo, solicitando al proveedor copia de la documentación relativa a seguridad (copia de la declaración de conformidad y marcado “CE” o copia del informe de adecuación el RD 1215/97 así como copia de los manuales de seguridad en ambos casos).

### 2.1.2.- Otra normativa sobre equipos de trabajo

- **Equipos de trabajo.** En materia de trabajos temporales en altura. RD 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el RD 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. BOE núm. 274 de 13 noviembre.
- **Máquinas.** RD 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre maquinas. BOE núm. 297 de 11 de Diciembre.
- **Modificación del RD 1435/1992 sobre máquinas.** RD 56/1995, de 20 de enero, por el que se modifica el RD 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, sobre máquinas. BOE núm. 33 de 8 de febrero.
- **Pantallas de visualización de datos.** RD 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. BOE núm. 97 de 23 de abril.

#### 2.1.2.1.- Algunas normas UNE a tener como referencia

- UNE-EN 292-1:1993 Seguridad de las Máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte I.
- UNE-EN 292-2:1993 Seguridad de las Máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte II.
- UNE-EN 294:1993 Seguridad de las Máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores.
- UNE-EN 394:1994 Seguridad de las Máquinas. Distancias mínimas para impedir el aplastamiento de partes del cuerpo humano.

- UNE-EN 418:1993 Seguridad de las Máquinas. Equipo de parada de emergencia. Aspectos funcionales. Principios para el diseño.
- UNE-EN 574:1997 Seguridad de las Máquinas. Dispositivos de mando a dos manos. Aspectos funcionales. Principios para el diseño.
- UNE-EN 953:1998 Seguridad de las Máquinas. Resguardos.
- Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.
- UNE-EN 1037:1996 Seguridad de las Máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva.
- UNE-EN 1088:1996 Seguridad de las Máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y la selección.
- UNE-EN 1495: 1998 Plataformas elevadora. Plataformas de trabajo sobre mástil.
- UNE-EN 1175-1: 1998 Seguridad de las Máquinas. Carretillas industriales. Parte 1: Carretillas industriales accionadas por baterías.
- UNE-EN 1175-2: 1998 Seguridad de las Máquinas. Carretillas industriales. Parte 2: Requisitos eléctricos para carretillas accionadas por motores de combustión interna.
- UNE-EN 692: 1997. Prensas mecánicas. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 693: 2001. Prensas hidráulicas. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 954-1:1997. Seguridad de las máquinas. Partes de los Sistemas de mando relativas a la seguridad.

### 2.1.3.- Otros aspectos legales de Aplicación

En este apartado se hace referencia a la normativa de carácter general que aplica a cualquier empresa y, por lo tanto, también a las del sector. Se incluye una relación (no exhaustiva) de leyes y reglamentos de aplicación. Como aspectos fundamentales y a modo de resumen, las principales exigencias y documentos que deben ser controlados por las organizaciones son los siguientes:

La Organización debe tener un sistema de gestión de la prevención dentro de los legalmente establecidos:

- Servicio de prevención propio
- Servicio de prevención ajeno
- Servicio de prevención mancomunado
- Trabajador designado

La Organización debe tener:

- Una evaluación de riesgos realizada por un técnico cualificado y que incluya todos los puestos de trabajo e instalaciones.
- Una adecuada planificación de la prevención, con el objeto de solventar los riesgos detectados en la evaluación de riesgos, en orden a su nivel de gravedad.
- Mantener un Plan de Prevención que incluya la Política, objetivos, procedimientos, responsabilidades y funciones del personal.
- Asegurarse la formación e información al personal sobre los riesgos derivados de su trabajo, manteniendo registro de las mismas.
- Velar por la seguridad y salud de los trabajadores. En orden a este segundo aspecto se deben realizar revisiones médicas para asegurar que la salud de sus trabajadores no se merma por la actividad que realizan.
- Realizarse inspecciones periódicas de las condiciones de trabajo, más allá de lo establecido en la evaluación inicial, de forma que se asegure el mantenimiento en condiciones de las medidas de seguridad implantadas así como el correcto desempeño del personal.
- Desarrollar e implantar un Plan de emergencias, adaptado a la situación concreta (instalaciones, nivel de riesgo de la actividad, ocupación de personal, etc...). Para una correcta implantación es necesario desarrollar simulacros de incendio debidamente organizados y controlados.
- Tras la existencia de un accidente, debe proceder a la comunicación del mismo así como a una investigación adecuada por parte de personal cualificado. Debe mantenerse registro de dicha investigación así como efectuar la toma de acciones correctivas que eviten la repetición.
- Las actividades de especial riesgo deben ser supervisadas de forma directa por personal cualificado, de forma que se asegure que se realizan de forma adecuada. (Recursos preventivos in situ).
- Responsabilizarse de las actividades realizadas en sus instalaciones por personal ajeno, de forma que debe asegurar una adecuada coordinación de estas actividades.

Además de estos aspectos fundamentales, cabe recordar que la organización debe conocer y cumplir la normativa de seguridad y salud que le es de aplicación. Por ello, es muy importante la existencia de procedimientos que aseguren el acceso a los cambios legislativos y su traslación al día a día de empresa.

Se indica a continuación la reglamentación básica de seguridad y salud.



**2.1.3.1.- Normativa de carácter general.**

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales. BOE nº 269, de 10 de noviembre.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. BOE núm. 298 de 13 de diciembre.
- Desarrollo del artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. RD 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales. BOE núm. 27, de 31 de enero.
- RD 604/2006 de 19 de mayo por el que se modifican el RD 39/1997 de 17 de Enero por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención y el RD 1627/1997 de 24 de Octubre por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción. BOE num. 127 de 29 de mayo.

**2.1.3.2.- Normativa sobre equipos de protección individual**

- RD 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE núm. 140 de 12 de junio.

**2.1.3.3.- Ruido**

- RD 286/2006 de 10 de Marzo sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE núm. 60 de 11 de marzo de 2006.
- Corrección de erratas del RD 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE núm. 62 de 14 de marzo.
- Corrección de errores del RD 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE núm. 71 de 24 de marzo.

**2.1.3.4.- Lugares de trabajo**

- RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE num. 97 de 23 de abril.

**2.1.3.5.- Riesgo Eléctrico**

- RD 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. BOE núm. 148 de 21 de junio.
- RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE núm. 224 del miércoles 18 de septiembre.

### 2.1.3.6.- Señalización

- RD 485/1997, 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. BOE núm. 97 de 23 de abril.

### 2.1.3.7.- Aparatos a presión

- RD 1495/1991, de 11 de Octubre de 1991. Disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 87/404/CEE, sobre recipientes a presión simples. BOE núm. 247 de 15 de octubre.
- RD 2486/1994, de 23 de Diciembre de 1994, por el que se modifica el REAL DECRETO 1495/1991, de 11-10-1991, de aplicación de la Directiva 87/404/CEE, sobre recipientes a presión simples. BOE núm. 20 de 24 de enero.
- RD 1244/1979, de 4 de Abril de 1979, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión. BOE núm. 128, de 29 de mayo de 1979. IT complementarias.
- RD 769/1999, de 7 de Mayo de 1999, dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y modifica el RD 1244/1979, de 4 de Abril de 1979, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión. BOE núm. 129 de 31 de mayo de 1999.

### 2.1.3.8.- Productos Químicos

- RD 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. BOE núm. 104 de 1 de mayo.
- RD 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIEAPQ- 2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7. BOE núm. 112 de 10 de mayo de 2001.
- CORRECCIÓN de errores del RD 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE APQ- 6 y MIE-APQ-7. BOE núm. 251 de 19 de octubre.

### 2.1.3.9.- Emergencias

- Ley 2/1985, de 21 enero. Protección civil. Normas reguladoras. BOE núm. 22 de 25 enero de 1985.
- RD 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. BOE núm. 303 de 17 de diciembre.
- CORRECCIÓN de errores y erratas del RD 2267/2004, 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. BOE núm. 55 de 5 de marzo.

- Orden de 25 de Noviembre de 2005, del Departamento de Industria comercio y Turismo por la que se regula el procedimiento de acreditación del cumplimiento de las condiciones de seguridad industrial de las instalaciones de protección contra incendios y por la que se modifican los requisitos para la autorización de empresas de esta especialidad. BOA nº 152 de 23 de diciembre de 2005.

## 2.2.- ANÁLISIS DEL RD 1215/1997

### 2.2.1.- Introducción

Como desarrollo reglamentario de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales se promulgo el 18 de Julio de 1997 el RD 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Este Real Decreto establece una serie de obligaciones para los empresarios entre las que destaca la exigencia de poner a disposición de los trabajadores equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación, junto con las condiciones generales previstas en el Anexo I del indicado Real Decreto.

El cumplimiento de esta obligación requiere del empresario la adaptación de los equipos de trabajo a los requisitos establecidos en dicho Anexo I.

Es éste por tanto el reglamento base para el conjunto de equipos de trabajo empleados en cualquier organización. Por tanto, resulta muy importante tener en cuenta las indicaciones que el indicado Anexo I nos marca. Se establece a continuación un análisis de cada uno de los puntos, explicando a su vez los principales problemas que nos podemos encontrar en su cumplimiento y las soluciones más prácticas y habituales a adoptar.

Además en los apartados correspondientes a cada equipo de trabajo, se singulariza mucho más cuales son las soluciones más adecuadas para cada caso.

### 2.2.2.- Órganos de accionamiento

- Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y, cuando corresponda, estar indicados con una señalización adecuada.
- Los órganos de accionamiento deberán estar situados fuera de las zonas peligrosas, salvo, si fuera necesario, en el caso de determinados órganos de accionamiento, y de forma que su manipulación no pueda ocasionar riesgos adicionales. No deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.
- El operador del equipo deberá poder cerciorarse desde el puesto de mando principal de la ausencia de personas en las zonas peligrosas. Si esto no fuera posible, la puesta en marcha deberá ir siempre precedida automáticamente de un sistema de alerta, tal como una señal de advertencia acústica o visual. El trabajador expuesto deberá disponer del tiempo y de los medios suficientes para sustraerse rápidamente de los riesgos provocados por la puesta en marcha o la detención del equipo de trabajo.

- Los sistemas de mando deberán ser seguros y elegirse teniendo en cuenta los posibles fallos, perturbaciones y los requerimientos previsibles, en las condiciones de uso previstas.

La Guía de utilización de equipos de trabajo del INSHT manifiesta sobre estos órganos de accionamiento los siguientes aspectos:

Los órganos de accionamiento deben estar claramente identificados y para ello se deberían utilizar colores y pictogramas normalizados. En su defecto, se puede poner una indicación clara de su función, por ejemplo: marcha/parada; manual/automático; lento/rápido; subir/bajar. A título indicativo los colores preferentes para las funciones principales de una máquina son los siguientes:



Puesta en marcha/puesta en tensión:

BLANCO; en el caso de máquinas antiguas es aceptable el color VERDE.

- Parada/puesta fuera de tensión: NEGRO; en el caso de máquinas antiguas es aceptable el color ROJO.
- Parada de emergencia o iniciación de una función de emergencia: ROJO (sobre fondo AMARILLO, en el caso de un pulsador o de una manilla).

- Supresión de condiciones anormales o restablecimiento de un ciclo automático interrumpido: AMARILLO.
- Rearme: AZUL.

Nota: Para equipos de trabajo en uso, es aconsejable utilizar colores idénticos para funciones idénticas de los equipos de un mismo taller.

No es necesario identificar los órganos de accionamiento cuya función sea intuitiva; el volante o los pedales de un vehículo conforme al uso en carretera se encuentran, por ejemplo, en este caso.

Un órgano de accionamiento sólo debe ordenar una función y siempre la misma. Sin embargo, para ciertos mandos de las máquinas, por ejemplo teclados o botoneras portátiles, este requisito no es siempre realizable. En este caso se debe mostrar claramente la relación entre el órgano seleccionado y las diferentes funciones ordenadas.

### 2.2.3.- Puesta en marcha.

- La puesta en marcha de un equipo de trabajo solamente se podrá efectuar mediante una acción voluntaria sobre un órgano de accionamiento previsto a tal efecto.

- Lo mismo ocurrirá para la puesta en marcha tras una parada, sea cual fuere la causa de esta última, y para introducir una modificación importante en las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, velocidad, presión, etc.), salvo si dicha puesta en marcha o modificación no presentan riesgo alguno para los trabajadores expuestos o son resultantes de la secuencia normal de un ciclo automático.

Por tanto, se debe impedir que un equipo de trabajo se pueda poner en marcha:

- Cuando se cierre de un resguardo con dispositivo de enclavamiento o enclavamiento y bloqueo.
- Cuando una persona se retira de una zona cubierta por un dispositivo sensible, tal como una barrera fotoeléctrica.
- Por la maniobra de un selector de modo de funcionamiento.
- Por el desbloqueo de un pulsador de parada de emergencia.
- Por el rearme de un dispositivo de protección térmica.
- Por el restablecimiento de la alimentación de energía, tras una interrupción.

#### **Otros aspectos a tener en cuenta:**

- Se debe evitar que se pueda producir el inicio de un movimiento en dirección contraria a la deseada.
- El arranque de una operación sólo debe ser posible cuando estén en su lugar todos los protectores y éstos estén operativos (excepto en labores de reglaje o mantenimiento).
- Cuando el operador no pueda observar todo el campo de trabajo del equipo, la puesta en marcha debe ir siempre precedida automáticamente de un sistema de alerta, tal como una señal de advertencia acústica o visual.
- Los elementos de mando en los circuitos de potencia deben ser seleccionados de manera que no pueden cambiar de estado debido a perturbaciones externas o en la alimentación de energía.

#### **2.2.4.- Parada del equipo**

- Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de que permita su parada total en condiciones de seguridad.
- Cada puesto de trabajo estará provisto de un órgano de accionamiento que permita parar en función de los riesgos existentes, o bien todo el equipo de trabajo o bien una parte del mismo solamente, de forma que dicho equipo quede en situación de seguridad. La orden de parada del equipo de trabajo tendrá prioridad sobre las órdenes de puesta en marcha. Una vez obtenida la parada del equipo de trabajo o de sus elementos peligrosos, se interrumpirá el suministro de energía de los órganos de accionamiento de que se trate.

- Si fuera necesario en función de los riesgos que presente un equipo de trabajo y del tiempo de parada normal, dicho equipo deberá estar provisto de un dispositivo de parada de emergencia.

**Otros aspectos a tener en cuenta:**

- El mecanismo de parada de emergencia se aplica cuando el tiempo de parada es menor que el obtenido con el mecanismo de parada normal.
- El mecanismo de parada de emergencia debe funcionar según principio de acción mecánica positiva.
- Cada uno de los dispositivos de parada de emergencia debe tener los órganos de accionamientos accesibles y visibles.
- El dispositivo de parada de emergencia debe provocar la parada del posible proceso peligroso sin crear nuevos riesgos.
- El órgano de parada de emergencia sólo puede desbloquearse mediante una maniobra predefinida.



- El color del mando de parada de emergencia debe ser rojo y fondo amarillo.

**2.2.5.- Caída de Objetos y protecciones**

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

**Otros aspectos a tener en cuenta:**

- Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda dar lugar a peligrosas, sea durante su funcionamiento normal o en caso de anomalía previsible, deberán adoptarse las medidas de prevención o protección adecuadas para garantizar la seguridad de los trabajadores que los utilicen o se encuentren en sus proximidades.
- Si se manipulan piezas en suspensión se tomarán medidas para evitar la caída de los mismos incluso en el caso de cortes de energía.
- En caso de fallo en la alimentación de energía, la herramienta debe permanecer sujeta correctamente.
- Todos los elementos móviles están encerrados en cárteres o dentro del bastidor de la máquina. En todo caso deberán estar protegidos por resguardos para evitar su proyección en caso de rotura.



### 2.2.6.- Dispositivos de captación o extracción

- Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.



Esquema de dispositivo de extracción localizada.

### 2.2.7.- Acceso de los trabajadores al equipo

- Si fuera necesario para la seguridad o salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estar estabilizados por fijación o por otros medios. Los equipos de trabajo cuya utilización prevista requiera que los trabajadores se sitúen sobre ellos deberán disponer de los medios adecuados para garantizar que el acceso y permanencia en esos equipos no suponga un riesgo para su seguridad y salud. En particular, salvo en el caso de las escaleras de mano y de los sistemas utilizados en las técnicas de acceso y posicionamiento mediante cuerdas, cuando exista un riesgo de caída de altura de más de dos metros, los equipos de trabajo deberán disponer de barandillas o de cualquier otro sistema de protección colectiva que proporcione una seguridad equivalente.
- Las barandillas deberán ser resistentes, de una altura mínima de 90 centímetros y, cuando sea necesario para impedir el paso o deslizamiento de los trabajadores o para evitar la caída de objetos, dispondrán, respectivamente, de una protección intermedia y de un rodapiés.
- Las escaleras de mano, los andamios y los sistemas utilizados en las técnicas de acceso y posicionamiento mediante cuerdas deberán tener la resistencia y los elementos necesarios de apoyo o sujeción, o ambos, para que su utilización en las condiciones para las que han sido diseñados no suponga un riesgo de caída por rotura o desplazamiento. En particular, las escaleras de tijera dispondrán de elementos de seguridad que impidan su apertura al ser utilizadas.

En general en este caso se tendrán en cuenta los requisitos indicados en el **RD 486/1997** sobre lugares de trabajo, incluido como anexo.

### 2.2.8.- Rotura o estallido

En los casos en que exista riesgo de estallido o de rotura de elementos de un equipo de trabajo que pueda afectar significativamente a la seguridad o a la salud de los trabajadores deberán adoptarse las medidas de protección adecuadas.

**Otros aspectos a tener en cuenta:**

- Deben disponerse medios de protección y resguardos adecuados en las zonas peligrosas.
- En el manual de instrucciones se deben detallar las piezas críticas que pueden desgastarse.
- En el manual de instrucciones se deben indicar los criterios para la sustitución de piezas desgastadas.
- Los elementos móviles afectados deben estar montados y dispuestos de modo que, en caso de rotura, se retengan sus fragmentos.
- Los conductos por los que pasan fluidos deben estar protegidos contra las agresiones externas.

**2.2.9.- Accidente con partes móviles de un equipo**

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgos de accidente por contacto mecánico deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas o que detengan las maniobras peligrosas antes del acceso a dichas zonas.

**Los resguardos y los dispositivos de protección:**

- Serán de fabricación sólida y resistente.
- No ocasionarán riesgos suplementarios.
- No deberá ser fácil anularlos o ponerlos fuera de servicio.
- Deberán estar situados a suficiente distancia de la zona peligrosa.
- No deberán limitar más de lo imprescindible o necesario la observación del ciclo de trabajo.
- Deberán permitir las intervenciones indispensables para la colocación o la sustitución de las herramientas, y para los trabajos de mantenimiento, limitando el acceso únicamente al sector en el que deba realizarse el trabajo sin desmontar, a ser posible, el resguardo o el dispositivo de protección.

Todo lo relacionado con resguardos de seguridad que eviten accidentes con este tipo de situaciones se indican en el apartado correspondiente a “Sistemas de protección”, además de especificarse para cada tipo de equipo en su apartado correspondiente.

**2.2.10.- Iluminación**

Las zonas y puntos de trabajo o de mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

- A tener en cuenta lo indicado en el RD 486 y la guía técnica, donde aparecen las condiciones de iluminación mínimas para cada tipo de actividad.

- No usar fluorescentes para evitar el efecto estroboscópico.

<b>ZONA O PARTE DEL LUGAR DE TRABAJO</b>	<b>NIVEL MÍNIMO ILUMINACIÓN LUX</b>
<b>Bajas exigencias visuales</b>	<b>100</b>
<b>Exigencias visuales moderadas</b>	<b>200</b>
<b>Exigencias visuales altas</b>	<b>500</b>
<b>Exigencias visuales muy altas</b>	<b>1000</b>
<b>Áreas o locales de uso ocasional</b>	<b>50</b>
<b>Áreas o locales de uso habitual</b>	<b>100</b>
<b>Vías de circulación de uso ocasional</b>	<b>25</b>
<b>Vías de circulación de uso habitual</b>	<b>50</b>

El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

### 2.2.11.- Exposición a altas o bajas temperaturas

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Otros aspectos a tener en cuenta:

- Colocación de un aislante térmico.
- Adaptación de sistemas para disipar las calorías (rejillas).
- Uso de equipos de protección individual cuando proceda.
- Procurar evitar que la temperatura de las superficies de contacto supere los 65° (umbral de quemadura).
- Incorporar señales de peligro y advertencia de superficies a altas temperaturas.

### 2.2.12.- Dispositivos de alarma

Los dispositivos de alarma del equipo de trabajo deberán ser perceptibles y comprensibles fácilmente y sin ambigüedades.

Otros aspectos a tener en cuenta:

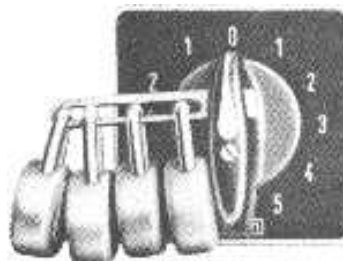
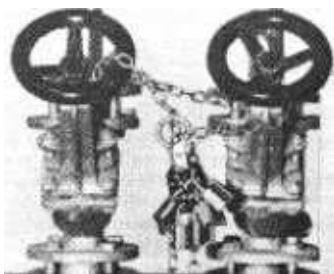
- Se plantea la necesidad de dispositivos de alarma en aquellas máquinas complejas, donde desde el puesto de mando, no se puedan controlar las zonas de riesgo y, especialmente si existe habitualmente acceso de personal no especializado.
- Cuando la interrupción del proceso de trabajo de un equipo pueda generar algún tiempo de riesgo deberá colocarse un dispositivo de alarma, sobre todo si el equipo opera de forma automática.

### 2.2.13.- Separación de fuentes de energía

Todo equipo de trabajo deberá estar provisto de dispositivos claramente identificables que permitan separarlo de cada una de sus fuentes de energía.

El objetivo es conseguir que en cada máquina se puedan realizar intervenciones (generalmente de mantenimiento o limpieza) sin riesgo, por la consignación de las fuentes de energía.

Para ello debe separarse la máquina de todas sus fuentes de energía y producir un enclavamiento que impida su restauración mientras exista peligro.



Ejemplos de sistemas de consignación

### 2.2.14.- Señalización

El equipo de trabajo deberá llevar las advertencias y señalizaciones indispensables para garantizar la seguridad de los trabajadores.

Debe plantearse la señalización exclusivamente para un riesgo residual, posteriormente a que se hayan tomado todas las medidas necesarias para evitar los riesgos ocasionados por los equipos. Se incluye como anexo el RD 485/1997 sobre señalización.

### 2.2.15.- Riesgo de incendio

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores contra los riesgos de incendio, de calentamiento del propio equipo o de emanaciones de gases, polvos, líquidos, vapores u otras sustancias producidas, utilizadas o almacenadas por éste.

Los equipos de trabajo que se utilicen en condiciones ambientales climatológicas o industriales agresivas que supongan un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores, deberán estar acondicionados para el trabajo en dichos ambientes y disponer, en su caso, de sistemas de protección adecuados, tales como cabinas u otros.

### 2.2.16.- Riesgo de explosión

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para prevenir el riesgo de explosión, tanto del equipo de trabajo como de las sustancias producidas, utilizadas o almacenadas por éste.

Estos riesgos pueden ser originados por las características de las materias procesadas o del entorno del equipo de trabajo, aspectos a controlar al evaluar el equipo.

Un desencadenante habitual de las explosiones es la electricidad estática, aspecto sobre el que se pueden tomar medidas preventivas tales como:

- Interconexiones equipotenciales y puesta a tierra.
- Ropa de trabajo del personal adecuada.
- Control de la humedad ambiental y uso de procedimientos seguros de trabajo.
- Control de atmósferas inflamables.

### 2.2.17.- Riesgo de contacto eléctrico

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto con la electricidad. En cualquier caso, las partes eléctricas de los equipos de trabajo deberán ajustarse a lo dispuesto en la normativa específica correspondiente.

Otros aspectos a tener en cuenta:



Distinguimos entre contactos eléctricos directos (con partes en tensión) e indirectos (con partes del equipo que se han puesto en tensión de forma inesperada).

- Todas las envolventes, que conteniendo equipo eléctrico no ofrecen evidencia de ello, estarán marcadas con la señalización homologada consistente en una flecha en forma de rayo sobre fondo amarillo, dentro de un perímetro triangular negro.

- Debe existir un borne para el conductor de tierra marcado como tal.
- Debe existir un sistema de corte de la alimentación, de modo manual, que permite que el equipo eléctrico de la máquina quede separado de la red de suministro.
- Todos los circuitos de la máquina deben estar protegidos contra los efectos de las sobreintensidades por elementos adecuados.
- Los cables y los conductores deben ser adecuados a las condiciones de utilización.
- Se deben tomar las precauciones adecuadas para que las conexiones no se aflojen.
- Se deben separar las partes activas de la instalación a una distancia del lugar donde las personas habitualmente se encuentran, o circulan, de forma que sea imposible un contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores, cuando estos se utilicen cerca de la instalación.
- La tensión nominal entre las partes activas de polaridades diferentes no protegidas debe ser como máximo de 24 V en emplazamientos húmedos y mojados y es conveniente un máximo 50 V en emplazamientos secos como tensión de seguridad.
- Debe existir una toma de tierra adecuada y compatible con el umbral de los interruptores diferenciales existentes.
- En caso de dudas o problemas con la toma de tierra será obligatorio el empleo de un interruptor diferencial de alta sensibilidad (0,030 A). En casos especiales será siempre obligatorio el empleo de estos dispositivos.

### 2.2.18.- Ruidos, vibraciones y radiaciones



Todo equipo de trabajo que entrañe riesgos por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Otros aspectos a tener en cuenta:

- Deben realizarse mediciones de ruido según se establece en el Real Decreto 286/2006 de 10 de Marzo. No es admisible un nivel de ruido por encima de 87 dB(A).
- Debe establecerse un programa de medidas técnicas destinado a disminuir el ruido en los puestos de trabajo afectados por encima de 85 db(A).
- Puede actuarse sobre el foco del ruido (anclando la máquina al suelo para que vibre menos, cambiando materiales,...).
- Puede actuarse sobre la transmisión del ruido (interponiendo barreras absorbentes, separando al receptor del foco...)



- Debe establecerse y señalizarse la obligatoriedad del uso de protecciones personales auditivas por encima de 80 dB (A).

### 2.2.19.- Líquidos corrosivos

Los equipos de trabajo para el almacenamiento, trasiego o tratamiento de líquidos corrosivos o a alta temperatura deberán disponer de las protecciones adecuadas para evitar el contacto accidental de los trabajadores con los mismos.

### 2.2.20.- Herramientas Manuales

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos. Sus mangos o empuñaduras deberán ser de dimensiones adecuadas, sin bordes agudos ni superficies resbaladizas, y aislantes en caso necesario.

Otros aspectos a tener en cuenta:

- El diseño debe ser ergonómico y adaptado al trabajo a desarrollar.
- Si se trabaja en instalaciones aislantes el mango ha de ser aislante, además de no producir chispas si se usan en ambientes con riesgo de incendio y explosión.

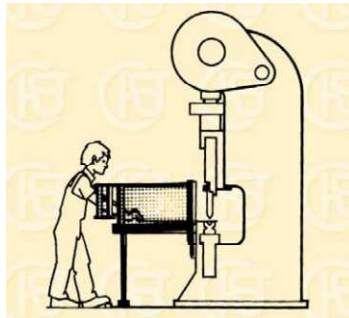
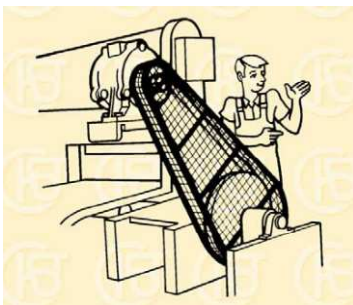
## 2.3.- Sistemas de protección

Cuando la evaluación de riesgos muestra que una máquina o proceso tiene el riesgo de causar lesiones personales, la fuente de peligro debe eliminarse o contenerse. La manera de lograr este resultado dependerá del tipo de máquina y de la fuente de peligro. En términos básicos, esto significa evitar cualquier acceso a las zonas de riesgo mientras se encuentran en una condición peligrosa. La mejor selección de una medida de protección es un dispositivo o sistema que proporcione la máxima protección con la mínima obstrucción de la operación normal de la máquina.

### 2.3.1.- Principales elementos de seguridad

#### 2.3.1.1.- Resguardos fijos

Si la fuente de peligro se encuentra en una parte de la maquinaria que no requiere acceso, debe tener una protección permanente y fija, con la condición de que no sea fácilmente eliminable.



### 2.3.1.2.- Resguardos móviles con interruptores de enclavamiento

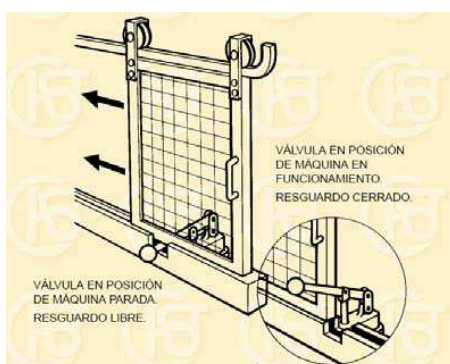
Si se requiere acceso a la zona de trabajo se propondrá un resguardo móvil (que pueda abrirse), que se enclava con el suministro de energía de la acción de peligro, de manera que asegure que cada vez que la puerta de el resguardo no esté cerrada se desactivará la alimentación eléctrica o fuente de energía que acciona el equipo. Este método requiere el uso de un interruptor de enclavamiento acoplado a la puerta del resguardo.

Algunos interruptores de enclavamiento también incorporan un dispositivo de bloqueo, que enclava la puerta del resguardo en posición cerrada y no permite que se abra hasta que la máquina esté en una condición segura. En muchas situaciones, la combinación de un resguardo móvil y un interruptor de enclavamiento con o sin bloqueo del resguardo es la solución más segura y económica.

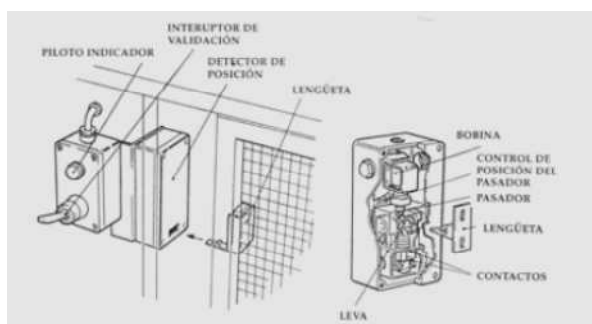
Las características de un resguardo con dispositivo de enclavamiento vienen referidas en la norma UNE EN 1088:1995.

Existen varios tipos de resguardos de este tipo, en función de que los detectores sean o no accionados mecánicamente.

RESGUARDOS	TIPOS DE ACCIONAMIENTO
DETECTORES MECÁNICOS	Accionados por leva.
	Accionados por lengüeta.
DETECTORES NO ACCIONADOS MECÁNICAMENTE	Interruptores magnéticos.
	Detectores de proximidad.
SISTEMAS CON LLAVE	De llave cautiva.
	Transferencia de llave.



Resguardo móvil con enclavamiento tipo mecánico. Modo positivo.



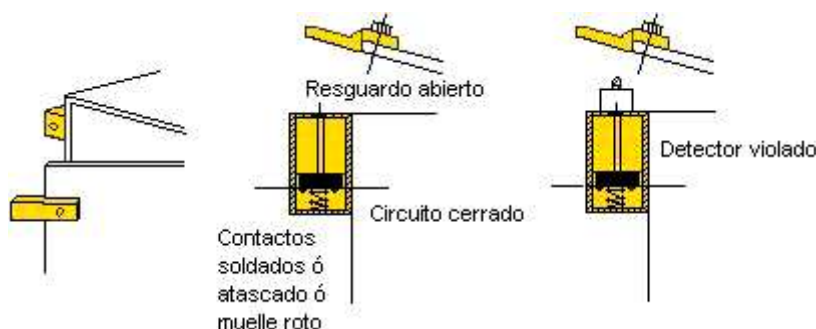
Resguardo móvil con enclavamiento y bloqueo. Sistema electromagnético.

Sea cual sea el sistema empleado, en el caso de usar un solo detector, este debe estar en modo positivo, sistema que evita gran cantidad de fallos de causa común. Cuando el riesgo es importante, debe combinarse un detector modo positivo con uno modo negativo, puesto que los tipos de fallo son opuestos y se consigue la máxima fiabilidad.

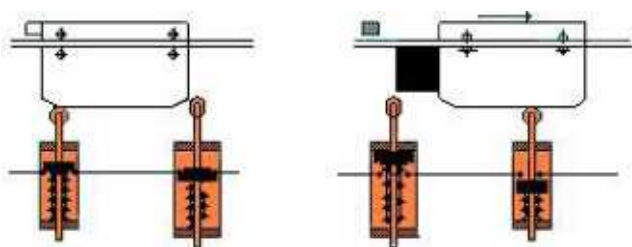


Resguardo con detector mecánico modo positivo accionado por leva. En este modo el resguardo abierto ejerce la fuerza que produce el efecto de parada con su propio contacto con la leva. Funcionaría aún con rotura del resorte.

Un único detector en modo negativo, es fácilmente eliminable: basta mantener presionado el vástago con cualquier artilugio (pesas, cinta adhesiva, etc.). En caso de rotura del muelle, atasco o contactos soldados mantiene el circuito cerrado aún con el resguardo abierto.



Un sistema más seguro es el que combina un detector en modo positivo con otro en modo negativo, de tal forma que se compensen los defectos inherentes a cada uno de ellos. En algunos equipos como veremos en los apartados correspondientes, es prácticamente obligatorio recurrir a este método.



Resguardo con doble interruptor en modos positivo y negativo, aplicado en este caso a una inyectora en la zona del molde.

### 2.3.1.3.- Precauciones en la instalación de detectores.

El funcionamiento de los detectores de los resguardos puede verse afectado por:

- **Vibraciones:** Pueden hacer perder el contacto del palpador del detector con la leva. La vibración puede también aflojar la fijación del detector y reducir la carrera útil del vástago.
- **Suciedad:** Acumulada en las rampas o las rodaduras de los palpadores, y es capaz de provocar aperturas y cierres de contactos incorrectos.

- Cuerpos extraños: Tanto líquidos como sólidos (virutas, pequeños cables, tuercas) que introducidos en el detector pueden cortocircuitar un contacto.
- Pintura: Puede reducir holguras y atascar los palpadores de contacto.

Para todos estos efectos negativos deberán adoptarse las precauciones adecuadas, incluyendo un correcto mantenimiento de los sistemas de detección.

#### **2.3.1.4.- Resguardos autorregulables o de regulación manual.**

Los resguardos de regulación manual son resguardos fijos o móviles, que se pueden regular en su totalidad o que tienen partes regulables. Normalmente están destinados a limitar el acceso a los órganos móviles de trabajo o a la herramienta, cuando éstos no pueden hacerse totalmente inaccesibles. La regulación permanece fija mientras se realiza la operación. Se aplican en equipos como los taladros.

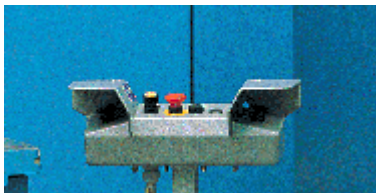


Resguardo de regulación manual para taladro.

Resguardo autorregulable: Es un resguardo móvil, accionado por una parte del equipo de trabajo (por ejemplo, una mesa móvil), o por la pieza a trabajar, o incluso por una plantilla que permite el paso de la pieza y después retorna automáticamente (por gravedad, por efecto de un muelle o de cualquier otra energía externa, etc.) a la posición de cierre tan pronto como la pieza trabajada ha liberado la abertura. El resguardo se abre lo mínimo imprescindible para permitir el paso de la pieza. Se usan mucho en determinados tipos de sierras.

#### **2.3.1.5.- Doble mando**

El uso de los controles de dos manos (llamados también controles de doble mando), es un método común de evitar el acceso mientras la máquina está en una condición peligrosa. Los dos mandos de inicio deben activarse simultáneamente para que la máquina funcione. Esto asegura que ambas manos del operador estén ocupadas en una posición segura (por ejemplo, en los controles) y por lo tanto no pueden acceder al área peligrosa.



Sistema de doble mando dotado además de parada de emergencia.

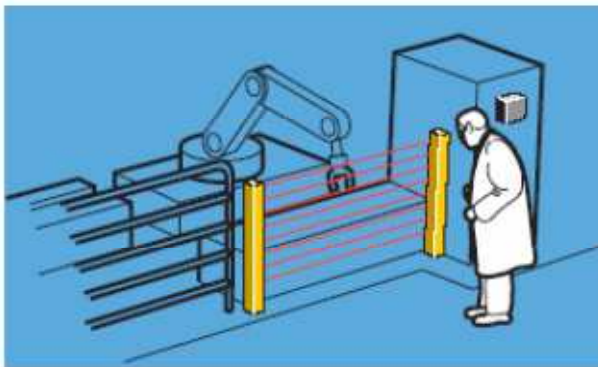
Las características básicas a cumplir por este tipo de equipos son las indicadas en la normativa específica UNE-EN 574. Como aspectos más relevantes, se deben cumplir los siguientes preceptos:

- Deben ser diseñados de forma que se deban usar las dos manos simultáneamente.
- La liberación de uno de los órganos de accionamiento o de ambos debe significar el paro del equipo.
- Debe ser de difícil neutralización.
- Cada orden de funcionamiento sólo debe ser posible tras liberar ambos órganos de accionamiento.
- La orden de funcionamiento sólo debe generarse cuando se actúa sobre ambos órganos de accionamiento con un retardo inferior o igual a 0,5 segundos.
- Cada operario que trabaje con un equipo protegido por este sistema dispondrá de un doble mando.

#### 2.3.1.6.- Controles de luz fotoeléctrica

Estos dispositivos emiten una “cortina” de haces de luz infrarroja inoos, frente al área peligrosa. Cuando alguno de los rayos es bloqueado debido a una intrusión hacia el área peligrosa, el circuito de control de la cortina de luz desactiva la fuente de energía.

Las cortinas de luz son muy versátiles y pueden resguardar áreas con una gran amplitud.



Mediante espejos, los haces de luz pueden desviarse hacia las esquinas para cercar una máquina. Están disponibles con diferentes distancias de espacio entre los haces de luz, lo cual las hace ideales para una gama de aplicaciones, desde resguardo de perímetros para robots industriales hasta resguardo de punto de acceso en prensas y grandes máquinas herramientas.

#### 2.3.1.7.- Elementos de seguridad sensibles a la presión

Estos dispositivos se usan para proporcionar seguridad en un área del suelo alrededor de una máquina. Se coloca una matriz de tapetes interconectados alrededor del área de peligro (en forma de alfombra), y cualquier presión (por ejemplo, la pisada de un operador) causa que la unidad controladora del tapete desactive la alimentación eléctrica a la zona peligrosa.



Los tapetes sensibles a la presión generalmente se usan dentro de un área cerrada que contiene varias máquinas. Cuando se requiere acceso a la celda, éstos evitan un movimiento peligroso si el operador se sale del área de seguridad.



### 2.3.1.8.- Parada de emergencia

La función de parada de emergencia debe ser iniciada por una sola acción. Cuando se ejecuta, debe anular todas las otras funciones y modos de operación de la máquina. El objetivo es desconectar la alimentación eléctrica tan rápidamente como sea posible sin crear peligros adicionales.

Siempre que existan riesgos para el operario asociados a su trabajo con la máquina, deben instalarse facilidades para un acceso rápido a un dispositivo de paro de emergencia. El dispositivo de paro de emergencia debe estar operativo continuamente, fácilmente accesible y situado en una zona carente de riesgos. Cada panel de operador debe tener por lo menos un dispositivo de paro de emergencia.

Cuando se activa el dispositivo de paro de emergencia, éste debe bloquearse y no debe ser posible generar la función de paro sin una acción manual de rearme. El restablecimiento del paro de emergencia no debe causar una situación peligrosa.



Parada de emergencia.

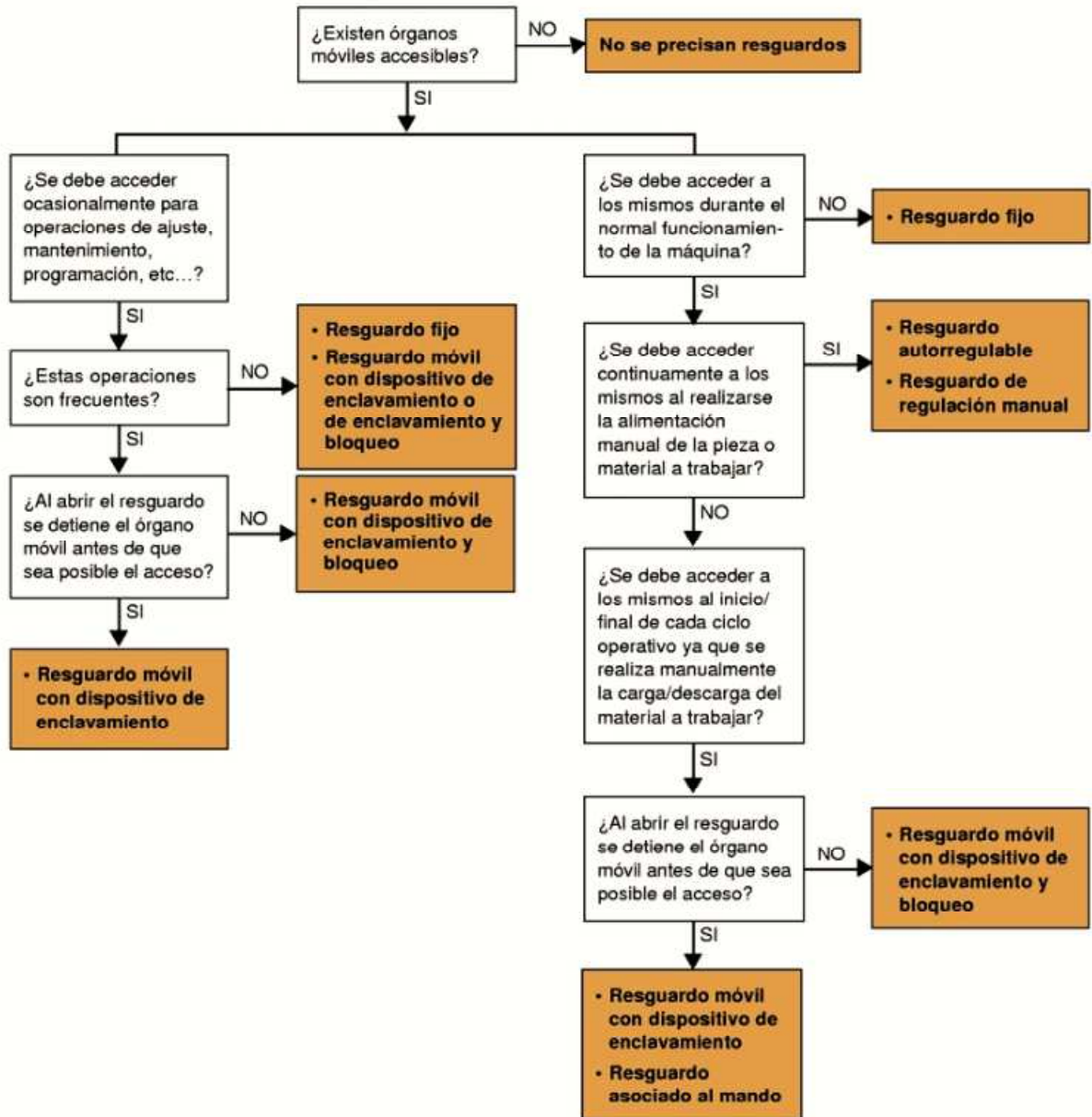
La manera normal de proporcionar esta función de parada de emergencia es mediante un botón pulsador de seta de color rojo sobre fondo amarillo, que el operador presiona en caso de una emergencia. Deben estar colocados estratégicamente en suficiente cantidad alrededor de la máquina para asegurar que siempre haya uno al alcance en un punto peligroso.

Para maquinarias tales como cintas transportadoras, generalmente es más conveniente y eficaz usar un dispositivo accionado por cable dispuesto a lo largo del área peligrosa, como dispositivo de paro de emergencia. Estos dispositivos usan una cuerda de acero conectada a los interruptores de accionamiento, de manera que al tirar de la cuerda en cualquier dirección y en cualquier punto a lo largo de su longitud se accionará el interruptor y se cortará la alimentación eléctrica de la máquina.



### 2.3.2.- Criterios para la selección de resguardos

El INSHT (Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo) en su Nota Técnica de Prevención nº 552, propone el siguiente criterio para la elección del elemento de seguridad tipo resguardo más conveniente según las circunstancias.



### 2.3.3.- Requisitos generales que deben cumplir los resguardos

Para que cumpla con los requisitos exigibles a todo resguardo, cualquiera de ellos ha de respetar ciertos requisitos mínimos:

- Ser de fabricación sólida y resistente.
- No ocasionar peligros suplementarios.

- No poder ser fácilmente burlados o puestos fuera de funcionamiento con facilidad.
- Estar situados a suficiente distancia de la zona peligrosa.
- No limitar más de lo imprescindible la observación del ciclo de trabajo.
- Permitir las intervenciones indispensables para la colocación y/o sustitución de las herramientas, así como para los trabajos de mantenimiento, limitando el acceso al sector donde deba realizarse el trabajo, y ello, a ser posible, sin desmontar el resguardo.
- Retener/captar, tanto como sea posible, las proyecciones (fragmentos, astillas, polvo,...) sean de la propia máquina o del material que se trabaja.

Algunos ejemplos de distintos elementos de seguridad asociados a los equipos que se utilizan en las empresas del sector.



Resguardos fijos para plegadora de chapa o cizalla (guillotina). También en determinadas prensas.



Resguardos regulables para taladros y otros equipos de conformación y de corte (Sierras, mandrinadoras, etc...).



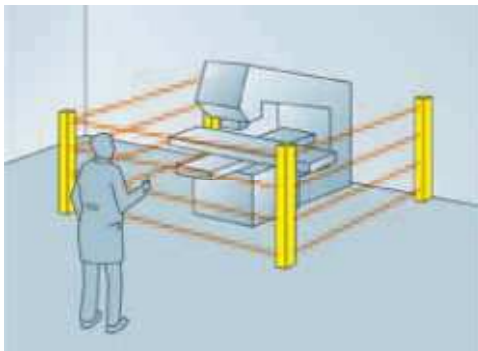
Resguardos móviles con enclavamiento o enclavamiento y bloqueo en equipos de mecanizado (fresadora, torno, centro de mecanizado, electroerosión, etc...).



Doble mando y dispositivos fotosensibles, utilizados sobretodo en prensas. Resguardos móviles



Resguardos móviles con enclavamiento para fresadoras, rectificadoras, mandrinadoras y otros equipos similares de mecanizado.



Barreras fotoeléctricas para grandes centros de mecanizado o equipos con aporte de material por medio de robot auxiliar.

### 2.3.4.- Categorías de sistemas de control de elementos de seguridad

Un sistema de control relacionado con la seguridad, es la parte del sistema de control de una máquina que evita que ocurra una condición peligrosa. Puede ser un sistema dedicado separado, o puede estar integrado con el sistema de control normal de la máquina.

Su complejidad puede variar desde un sistema simple típico, tal como un interruptor de enclavamiento de puerta e interruptor de paro de emergencia conectados en serie a la bobina de control de un contacto de alimentación eléctrica, hasta un sistema compuesto que comprende dispositivos simples y complejos que se comunican a través de software y hardware.

Una vez que se ha ejecutado el proceso de evaluación de riesgos, se plantea la pregunta de que componentes de seguridad deben emplearse. El mercado ofrece componentes para satisfacer diversos requisitos de seguridad. La selección se realiza conforme a la EN 954-1, aunque se han desarrollado nuevas normas que permiten ampliar los criterios a la hora de la selección.

Las categorías indicadas por la norma EN 954-1 son las siguientes, de menor a mayor fiabilidad:

CATEGORÍA	RESUMEN DE REQUISITOS	COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA
<b>B</b>	<i>Los componentes de los controles de la máquina relacionados con la seguridad y/o sus dispositivos protectores, así como las piezas que los integran, deben diseñarse, seleccionarse, ensamblarse y combinarse acorde al desarrollo técnico de tal manera que puedan resistir los factores de riesgo esperados.</i>	<i>Si se produce un defecto este puede producir la pérdida de la función de seguridad.</i>
<b>1</b>	<i>En primer lugar se aplican los requerimientos descritos en la Categoría B. Además, se exige la aplicación de principios y componentes de eficacia comprobada desde el punto de vista de la seguridad.</i>	<i>Esto permite lograr una mayor fiabilidad relacionada con la seguridad. Sin embargo, si ocurre un fallo se puede perder la función de seguridad. Algunos fallos pasan desapercibidos.</i>
<b>2</b>	<i>Se aplican los requerimientos señalados en la Categoría B y, además, se utilizan principios de eficacia comprobada desde el punto de vista de la seguridad.</i>  <i>Asimismo, se deben comprobar las funciones de seguridad a intervalos "apropiados". Estas comprobaciones se ejecutan en forma manual o automática.</i>	<i>Los fallos en un componente del control relacionado con la seguridad de la Categoría 2 se detectan mediante la comprobación; a continuación se impide el inicio de un nuevo ciclo. Sin embargo, si ocurre un fallo entre las comprobaciones, esto puede provocar la pérdida de la función de seguridad.</i>



3	<p><b>En este caso también se aplican los requerimientos señalados en la Categoría B y, además, se utilizan principios de eficacia comprobada desde el punto de vista de la seguridad.</b></p> <p><b>Asimismo, los controles deben configurarse de tal modo que un solo error no provoque la pérdida de la función o funciones de seguridad y, siempre que sea posible se detecte el fallo individual con los medios apropiados según el desarrollo técnico.</b></p>	<p><b>En los componentes del control relacionados con la seguridad de la Categoría 3, la función de seguridad se conserva siempre que ocurra un fallo individual. Se detectan algunos, pero no todos los fallos. Una acumulación de fallos no detectados puede provocar la pérdida de la función de seguridad.</b></p>
4	<p><b>El control debe configurarse de tal modo que un fallo individual no provoque la pérdida de la función o las funciones de seguridad. En todos los casos posibles, un fallo individual debe detectarse en o antes del siguiente requerimiento.</b></p> <p><b>Si esto no fuese posible, una acumulación de errores no debe provocar la pérdida de la función de seguridad.</b></p>	<p><b>En los componentes del control relacionados con la seguridad de la Categoría 4 se detectan los fallos a tiempo para evitar la pérdida de la función de seguridad o se conserva la función de seguridad a pesar de los fallos que puedan ocurrir.</b></p>

#### 2.3.4.1.- Elección de categorías de seguridad

La elección de las distintas categorías de seguridad de los elementos de mando y control depende en general de las diferentes situaciones observadas en cada equipo, y como referencia general del nivel de riesgo determinado en la evaluación de riesgos.

En cualquier evaluación de riesgos, los dos aspectos a tener en cuenta son la probabilidad de ocurrencia del accidente y las consecuencias. Para el caso de la elección de elementos de control, la norma EN 954-1 divide el aspecto relativo a la probabilidad en dos conceptos diferentes y complementarios (la frecuencia o duración de la exposición al peligro y la posibilidad de evitar el peligro).

En suma, los aspectos a considerar en la elección son:

S= Gravedad de la lesión.

Donde:

- S1= Lesión leve (normalmente reversible).
- S2= Lesión grave (normalmente irreversible) incluyendo la muerte.

F= Frecuencia y/o tiempo de exposición al peligro.

Donde:

- F1= Raro a bastante frecuente y/o tiempo de exposición corto.
- F2= Frecuente a continuo y/o tiempo de exposición largo.




P= Probabilidad de evitar el peligro.

Donde:

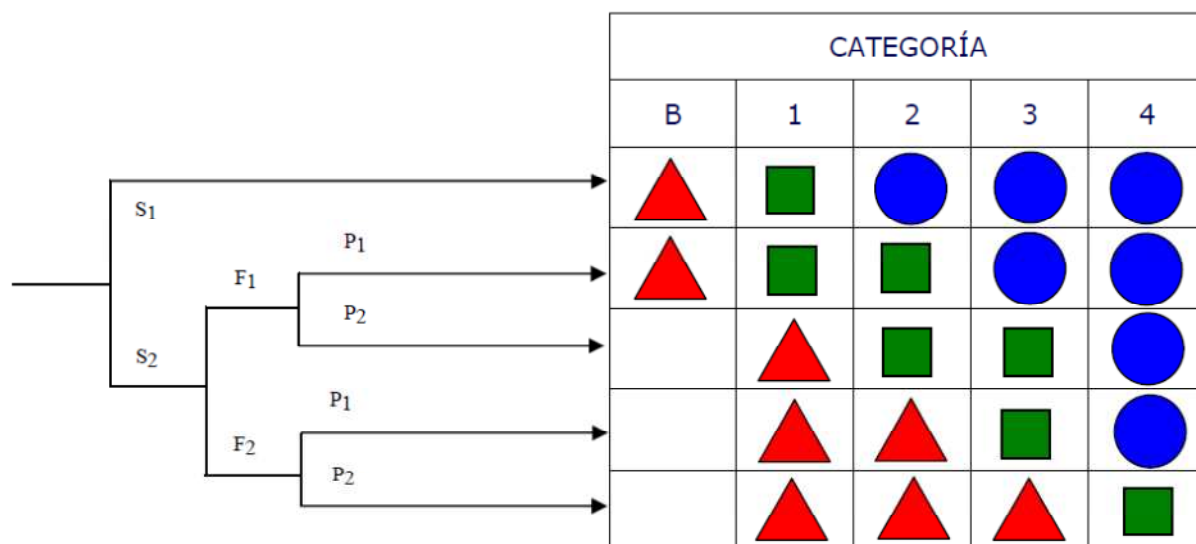
P1= Posible en determinadas condiciones.

P2= Raramente posible.

Para la elección de la categoría hacemos uso de una tabla tal como la que se indica a continuación, y en la vienen relacionados los factores indicados anteriormente:

	<b><i>Categoría preferida.</i></b>
	<b><i>Categoría posible que puede requerir medidas adicionales.</i></b>
	<b><i>Categoría que puede estar sobredimensionada respecto al riesgo estudiado.</i></b>





### 2.3.5.- Posibles defectos y fallos más habituales en sistemas de control de equipos de protección

Según lo indicado en la norma EN 954-1 los defectos y fallos más habituales en los sistemas de control, según tecnologías, son los siguientes:

#### 2.3.5.1.- Componentes eléctricos o electrónicos

- Cortocircuito o circuito abierto como defecto a tierra (cortocircuito con el conductor de protección o con una parte conductora), corte de cualquier conductor.
- Cortocircuito o circuito abierto en componentes independientes, por ejemplo interruptores de posición equipos de mando y de regulación, elementos de mando de los circuitos de potencia, relés, etc...
- No desconexión o no accionamiento de elementos electromecánicos como contactores, relés, solenoides, etc...
- No puesta en marcha o no parada de motores, por ejemplo servomotores.
- Bloqueo mecánico de elementos móviles, aflojamiento o desplazamiento de elementos fijos como interruptores de posición.
- Sobrepasar los valores de tolerancia para los elementos analógicos, por ejemplo resistencias, condensadores, transistores.
- Oscilación de las señales de salida (inestables) en componentes integrados.
- Pérdida de la función completa o parcial (comportamiento en el peor caso) en componentes integrados complejos, por ejemplo microprocesadores, sistemas electrónicos programables, circuitos integrados para aplicaciones específicas.

### 2.3.5.2.- Componentes hidráulicos y neumáticos

- El elemento móvil no maniobra o la maniobra es incompleta, como por ejemplo el gripado de un pistón.
- Deriva con relación a la posición de partida del elemento móvil por ejemplo en los distribuidores.
- Fuga y modificación del canal de fuga, por ejemplo en los distribuidores.
- Inestabilidad de las características de mando de servoválvulas y válvulas proporcionales.
- Pérdida de carga o estallido de tuberías flexibles y manguitos.
- Colmatado del filtro (En particular por la acción de sustancias sólidas).
- Presión y/o caudal anormal por ejemplo en bombas hidráulicas, motores hidráulicos, compresores cilindros.
- Fallo o modificación anormal de las características de las señales de entrada o salida de sensores, por ejemplo presostatos.

### 2.3.5.3.- Componentes mecánicos

- Rotura de muelles.
- Gripado o rotura de componentes móviles deslizantes.
- Aflojamiento de elementos de sujeción, por ejemplo por efecto de las vibraciones.
- Desgaste de elementos como los cojinetes de rodadura, pestillos, rodillos, etc...
- Partes desalineadas.
- Influencias ambientales como corrosión, temperatura elevada o muy baja, etc...

Es necesario tener en cuenta estos tipos de fallo a la hora de planear un adecuado mantenimiento preventivo en los equipos, que incluya revisión y solución de problemas en los dispositivos de seguridad (tanto dispositivos de protección como sistemas de control).

### 2.3.6.- Sistemas de protección contra contactos eléctricos

Uno de los riesgos presente en cualquier empresa del sector es el referido al uso de energía eléctrica. El uso de instalaciones eléctricas inadecuadas o no correctamente protegidas puede dar lugar a accidentes graves por contacto eléctrico.

Los contactos eléctricos pueden ser de dos tipos:

- Contactos eléctricos directos: La persona entra en contacto con una parte activa de la instalación, que en condiciones normales puede tener tensión (conductores, bobinados, etc...).
- Contactos eléctricos indirectos: La persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que, en condiciones normales, no debería tener tensión, pero que la ha adquirido accidentalmente (envolvente, órganos de mando, etc.).







Existen tres sistemas de protección contra contactos eléctricos directos:

- Alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal que sea imposible un contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores.
- Recubrimiento de las partes activas por medio de un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo, y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 mA.
- Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación.

En el sector de estudio destaca por su importancia las medidas de protección contra contactos eléctricos indirectos, suponiendo un adecuado diseño de los equipos de trabajo que imposibilite el contacto directo.

Los sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos son varios y vienen desarrollados en la NTP 71 del INSHT, que puede usarse como referencia, y siempre cumpliendo lo indicado en la reglamentación de referencia (indicada en el apartado correspondiente a “Identificación y descripción de normativa”).

Las clases de sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos son las indicadas en el siguiente cuadro, en el que aparecen las dos clases existentes y los tipos de sistemas. Posteriormente haremos referencia a los dos sistemas más usuales, como son la puesta a tierra y el uso de interruptores diferenciales adecuados.

	Fiabilidad de sistemas		
	Sistemas de protección ordenados de mayor a menor fiabilidad		Símbolo
<b>Sistemas clase A</b>	1	Tensiones de seguridad.	
	2	Separación de circuitos.	
	3	Doble aislamiento.	
<b>Sistemas clase B</b>	4	Puesta a tierra de las masas con diferencial de alta sensibilidad. Puesta a neutro de las masas con diferencial de alta sensibilidad.	
	5	Puesta a tierra de las masas, diferenciales. Puesta a neutro. Neutro aislado. Puesta a tierra con dispositivos de tensión de defecto.	
	6	Diferenciales de alta sensibilidad sin puesta a tierra. Dispositivo de tensión de defecto sin puesta a tierra.	

Las posibilidades a emplear según las distintas situaciones se indican en la siguiente gráfica, que relaciona todas las medidas de seguridad existentes contra contactos indirectos. En dicha gráfica se indican los medios de protección más adecuados para cada situación.

Debemos mantener el criterio de emplear el sistema más fiable para cada situación, si esto es técnicamente posible.

Aplicación de los sistemas				
<div> <div>Tipo de receptor</div> <div>Empla-zamiento</div> </div>	<b>Fijo</b> 	<b>Móvil</b> 	<b>Portátil</b> 	<b>Alumbrado portátil</b> 
<b>Seco</b> $U_s \leq 50 \text{ V}$				
<b>Húmedo</b> $U_s \leq 24 \text{ V}$				
<b>Mojado</b> $U_s \leq 24 \text{ V}$				
<b>Conductor Seco</b> $U_s \leq 24 \text{ V}$				
<b>Conductor mojado</b> $U_s \leq 24 \text{ V}$				
<b>Sumergido</b> $U_s \leq 12 \text{ V}$				

### 2.3.6.1.- Puesta a tierra

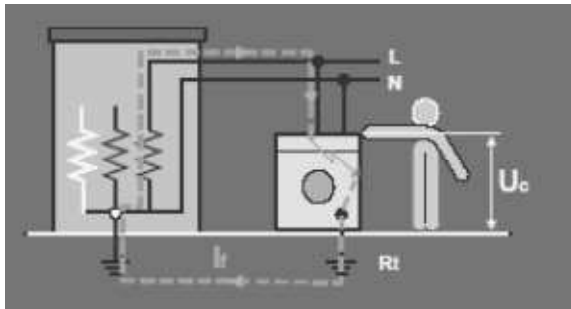
El Reglamento de baja tensión define la puesta a tierra como:

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

En el caso de que exista una derivación de corriente, una adecuada puesta a tierra debe evitar que ésta pase al cuerpo de la persona que contacta con el equipo o elemento sobre el que se produce.

Todos los equipos de trabajo (fijos) con los que se desarrolla la actividad deben estar adecuadamente protegidos por medio de la puesta a tierra individualizada.



Esquema de funcionamiento de la puesta a tierra en un equipo. La corriente derivada pasaría a la toma de tierra al ofrecer menor resistencia que el operario.

El mantenimiento de las instalaciones eléctricas es fundamental para evitar riesgo de contacto eléctrico. El reglamento de baja tensión indica respecto a la toma de tierra las siguientes obligaciones:

- Revisión anual de resistencia de tierra por parte de personal competente.
- Revisión cada cinco años de las picas de tierra por personal competente.
- Por otra parte, se deben revisar las instalaciones eléctricas en establecimientos industriales cada cinco años por parte de OCA cuando la potencia contratada sea  $P > 100 \text{ Kw}$ .

### 2.3.6.2.- Interruptor diferencial

El Reglamento de baja tensión define el interruptor diferencial como:

Aparato electromecánico o asociación de aparatos destinados a provocar la apertura de los contactos cuando la corriente diferencial alcanza un valor dado.

El Interruptor diferencial proporciona una protección eficaz contra los contactos tanto directos como indirectos.

Un interruptor diferencial está compuesto por:

- Transformador toroidal.
- Relé electromecánico.
- Mecanismo de conexión y desconexión.



- Circuito auxiliar de prueba.

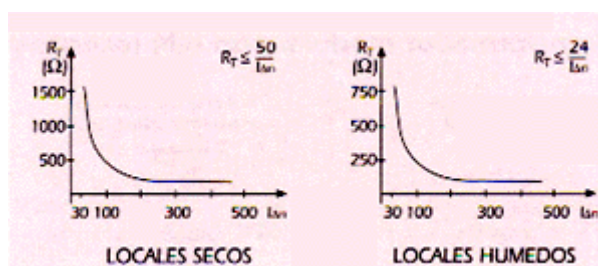
Cuando la suma vectorial de las intensidades que pasan por el transformador es distinta de cero, en el secundario del mismo se induce una tensión que provoca la excitación del relé dando lugar a la desconexión del interruptor.

Cuando por un fallo en la instalación de un equipo eléctrico sus partes metálicas queden sometidas a tensión, el conductor de protección hará circular una corriente de fuga, a tierra.

El interruptor diferencial detecta esta fuga y corta la alimentación de forma inmediata. También para casos de contactos accidentales con partes metálicas bajo tensión, la corriente a través del cuerpo humano se verá limitada por la rápida respuesta del interruptor diferencial que cortará la alimentación en milésimas de segundo.

Para que se produzca la apertura, la corriente de fuga debe de ser superior a la corriente a la que se haya regulado al interruptor, que está comprendida entre el 50% y el 100% de la intensidad diferencial nominal (sensibilidad).

La elección de la sensibilidad del interruptor diferencial que debe utilizarse en cada caso, viene determinada por la condición del valor de la resistencia a tierra de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas, debe cumplir la relación indicada en la siguiente figura.



En todo caso siempre que no exista toma de tierra de las masas del equipo a proteger será obligatorio un Interruptor diferencial de alta sensibilidad (0,030 Amperios).

En los interruptores diferenciales hay un pulsador de prueba (botón indicado con una T), que simula un defecto en la instalación y por lo tanto al ser pulsado, la instalación deberá desconectarse. El Reglamento de baja tensión indica que debe comprobarse mensualmente.

Los interruptores diferenciales como el resto de elementos de seguridad contra contactos eléctricos deben ser normalizados y poseer el marcado CE, con el fin de asegurar su eficacia.

## 2.4.- Análisis de los equipos de trabajo

En este apartado vamos a realizar un análisis de los equipos de trabajo más relevantes y con mayor riesgo de accidente grave entre los que se utilizan en las empresas del sector. Tendremos en cuenta que se emplean otros equipos de trabajo además de los aquí analizados y que, en general, deberán cumplir los requisitos indicados en la normativa correspondiente (RD 1215/97 de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo).

## 2.4.1.- Prensas Mecánicas

### 2.4.1.1.- Funcionamiento

Consiste en un bastidor que sostiene una bancada y una corredera, una fuente de potencia, y un mecanismo para mover la corredera linealmente y en ángulos rectos con relación a la bancada.

Una prensa debe estar equipada con matrices y punzones diseñados para ciertas operaciones específicas. La mayoría de operaciones de formado y punzonado se pueden efectuar en cualquier prensa normal si se usan matrices y punzones adecuados.

Las prensas tienen capacidad para la producción rápida, puesto que el tiempo de operación es solamente el que necesita para una carrera de la corredera, mas el tiempo necesario para alimentar el material. Por consiguiente se pueden generar bajos costos de producción.

Las prensas tienen una adaptabilidad especial para los métodos de producción en serie, como lo evidencia su amplia aplicación en gran número de trabajos.

### 2.4.1.2.- Riesgos

Los principales riesgos que existen en el trabajo con este tipo de equipos son los siguientes:

TIPO DE RIESGO	CAUSAS O LUGAR DONDE SE PRODUCE
<b>Atrapamiento</b> 	<b>Elementos móviles de trabajo (zona del troquel).</b>  <b>Elementos de transmisión del movimiento.</b>
<b>Caída de objetos</b> <b>Golpes con objetos</b>  	<b>En la manipulación de piezas</b>  <b>En tareas de mantenimiento.</b>
<b>Sobreesfuerzos</b>	<b>Manipulación de piezas pesadas o de troqueles en el cambio de los mismos.</b>
<b>Exposición a ruido</b> 	<b>Durante el proceso de trabajo.</b>

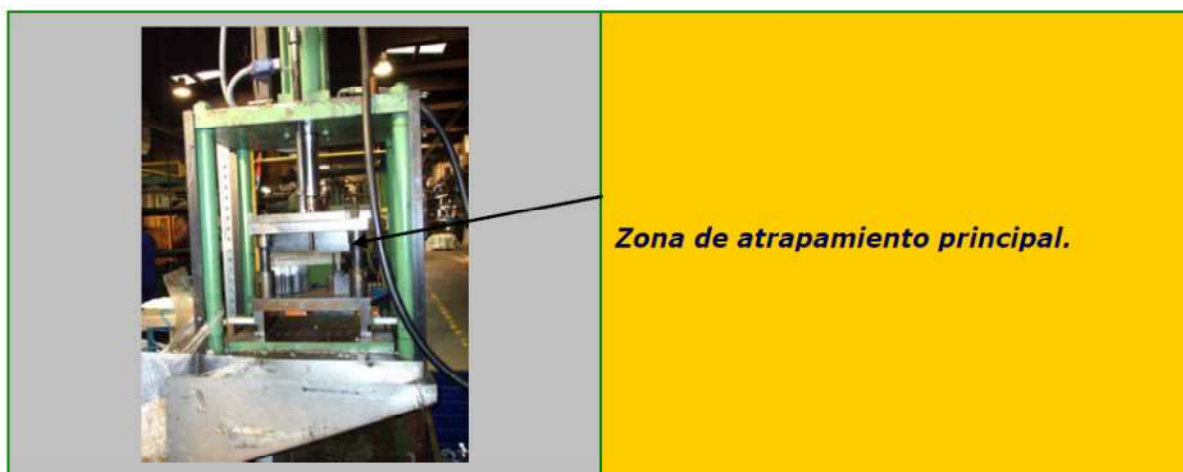
<b>Vibraciones</b>	<b><i>Durante el proceso de trabajo.</i></b>
<b><i>Contactos eléctricos</i></b> 	<b><i>Directos o indirectos en caso de inadecuada protección.</i></b>

Los riesgos más relevantes en este tipo de equipos son los de atrapamiento, bien sea con la zona de trabajo o con elementos de transmisión tales como poleas, correas etc...

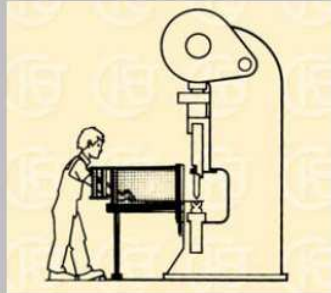
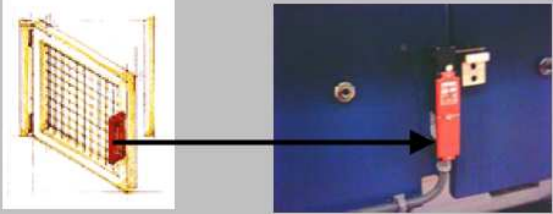
Deben ser evitados por la utilización de diversos sistemas que impidan el acceso por parte del operario las zonas de riesgo (aspecto éste que debe ser imposibilitado en todo caso ya que es exigencia explícita del RD 1215/97 de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo).

#### **2.4.1.3.- Soluciones al atrapamiento**



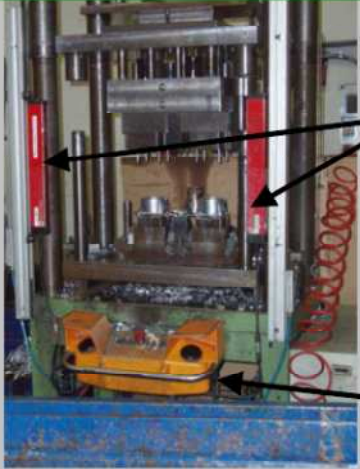

Siempre van a ser preferibles sistemas de resguardo fijo o que imposibiliten de forma total el acceso del operario a la zona de riesgo. Siendo la zona del troquel la más expuesta es la que se debe controlar de forma más segura.



En las prensas de revolución completa (en las que una vez iniciado el ciclo no puede detenerse hasta su definitiva finalización) es necesario proteger el troquel de forma que está siempre imposibilitado el acceso por parte del operario, por sistemas como:

<b><i>Troqueles cerrados.</i></b>	
<b><i>Resguardos fijos perimetrales.</i></b>	
<b><i>Resguardos con dispositivos de enclavamiento y bloqueo.</i></b>	

En prensas de revolución parcial (Que permiten la parada sin completar un ciclo completo) se pueden usar otros medios de protección tales como:

<b>Dispositivos de protección electro sensibles.</b>	
<b>Dispositivos de mando a dos manos.</b>	
<b>Unificación de estos dos sistemas.</b>	 <div data-bbox="1134 954 1401 1077"><b>Dispositivos de protección electro sensibles</b></div> <div data-bbox="1145 1223 1342 1256"><b>Doble mando</b></div>
<b>Parada de emergencia.</b>	

Los distintos sistemas a utilizar deben de cumplir una serie de requisitos que los conviertan en suficientemente seguros. Dichos requisitos vienen definidos en el apartado correspondiente a “Sistemas de protección”.

#### 2.4.1.4.- Soluciones a la caída de objetos en manipulación y golpes con objetos

Respecto a la caída de objetos en manipulación debe tenerse en cuenta además de la adecuada formación del trabajador, la utilización de equipos de protección individual (EPI). En concreto deben usarse guantes adecuados a la tarea así como calzado de seguridad.

También es importante disponer de suficiente espacio para desarrollar el trabajo y mantener una adecuada organización de la zona.

#### 2.4.1.5.- Soluciones a los sobreesfuerzos

Respecto a los sobreesfuerzos, se precisa el uso de apoyos mecánicos en el manejo de piezas o troqueles de peso excesivo. También es relevante la adecuada organización de la zona de trabajo, evitando la multiplicación indebida de esfuerzos y posturas inadecuadas. En casos concretos se debe aplicar el uso de fajas lumbares.

#### 2.4.1.6.- Soluciones a la exposición al ruido



En el caso del ruido, es obligatorio realizar una medición en todos los puestos de la exposición existente, y en función de los resultados actuar en función de lo indicado en el RD 286/2006 de 10 de Marzo sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

No obstante por la particular característica de estos equipos, es altamente probable que sea imprescindible el uso de equipos de protección individual (tapones, cascos) para evitar las consecuencias de una excesiva exposición.

#### 2.4.1.7.- Soluciones a la exposición a vibraciones

La exposición a vibraciones debe ser evitada por un adecuado diseño de la prensa, existiendo en caso contrario sistemas alternativos para evitar esta situación como silentblocks u otros elementos de amortiguación.

#### 2.4.1.8.- Soluciones a los contactos eléctricos

En el caso de contactos directos es necesario aislar y cuidar del correcto estado de los elementos en tensión con un mantenimiento adecuado. Para evitar los contactos eléctricos indirectos resulta necesario disponer de un adecuado sistema de toma de tierra además de un protector diferencial individualizado para cada equipo. Debe realizarse una comprobación periódica del funcionamiento de los dispositivos de protección. La información completa de las características de estos dispositivos se encuentra en el apartado “Sistemas de protección”.

#### 2.4.1.9.- Normas básicas en el trabajo con prensas mecánicas

Las prensas son equipos de riesgo que deben ser como hemos visto adecuadamente acondicionadas. Además y como en el trabajo con cualquier maquinaria o equipo, deben seguirse una serie de principios básicos por parte de los operadores, tales como:

- Usar medios auxiliares siempre que sea necesario (como en el caso de cargas con dimensiones complicadas o peso excesivo).
- Disponer y usar contenedores para recoger los posibles restos o residuos del trabajo.
- Asegurarse de que existe la correcta protección contra contactos eléctricos directos e indirectos, así como verificar su funcionamiento periódicamente.



- Usar siempre los equipos de protección individual indicados.
- Las tareas de reglaje y mantenimiento deben ser realizadas exclusivamente por personal autorizado y competente.
- La iluminación debe ser adecuada, tanto en la zona de trabajo directo de la prensa como en el entorno del puesto.

### **2.4.2.- Prensas Hidráulicas**

Este tipo de prensas en principio son más seguras que las anteriores por su forma de trabajar, pues la entrega de energía de las mismas es controlada en cada momento tanto en fuerza como en velocidad por lo que mantenemos el control constante del proceso.

Se utilizarán las mismas normas básicas de seguridad que en las prensas mecánicas.

### **2.4.3.- Equipos de mecanizado**

#### **2.4.3.1.- Funcionamiento**

Se van a comentar las situaciones de riesgo y sus soluciones respecto a los principales equipos de mecanizado utilizados en el sector. Este tipo de equipos constituyen la infraestructura más relevante de las empresas del sector. A continuación se indican algunas de sus características.

#### **2.4.3.2.- Torno**

El torno emplea una herramienta monofila y un movimiento de rotación de la pieza para la eliminación del material. Es, junto con la fresadora, la máquina-herramienta más universal y versátil. Permite el mecanizado de superficies de revolución con unos grados de acabado superficial suficientemente buenos si la elección de las condiciones de corte se realiza adecuadamente. Permite asimismo la obtención de superficies planas perpendiculares al eje de rotación de la pieza y otra serie de trabajos que serán descritos más adelante.

#### **2.4.3.3.- Taladradora**

Tal y como su nombre indica, la taladradora se utiliza para la realización de orificios o taladros en las piezas. El movimiento principal de rotación, perpendicular a la superficie de apoyo de la pieza, lo lleva la herramienta, que es además quien se desplaza paralelamente al eje de rotación. Para conseguir el movimiento de avance. La herramienta más comúnmente empleada es la broca, cuyo diámetro es variable en función de las dimensiones del taladro que se desee obtener.

#### **2.4.3.4.- Fresadora**

La fresadora funciona de manera similar a la taladradora, incorporando un desplazamiento de la pieza en su plano de apoyo. Esto permite un movimiento relativo entre pieza y herramienta según los tres ejes de coordenadas X, Y, y Z y posibilita el mecanizado de superficies planas o curvas así como todo tipo de ranurados y taladrados en la pieza.

#### 2.4.3.5.- Mandrinadora

Es una máquina-herramienta que comparte cierta similitud con la taladradora y con la fresadora. De hecho existen máquinas-herramienta denominadas fresadoras-mandrinadoras.

La mandrinadora es una máquina normalmente de eje horizontal, pudiendo realizar trabajos completamente análogos a los desarrollados por la fresadora horizontal. La característica más destacada de la mandrinadora es la herramienta empleada, denominada barra de mandrinar ó mandrino. Consiste en un eje, sujeto por ambos extremos a la máquina-herramienta, en el que pueden acoplarse varias herramientas monofilo situadas en planos perpendiculares a dicho eje.

La rotación del eje permite mecanizar (mandrinar) varios taladros simultáneamente, asegurando de forma relativamente precisa la coaxialidad de los mismos.

#### 2.4.3.6.- Rectificadora

La rectificadora emplea una herramienta especial denominada muela. La muela puede considerarse como una herramienta multifilo, aunque a diferencia de las herramientas multifilo convencionales, está constituida por granos de un material abrasivo unidos mediante un elemento aglutinante. La rectificadora se emplea casi exclusivamente en operaciones de acabado, obteniéndose unos valores de tolerancias superficiales y grado de acabado superficial superiores a los obtenidos en las operaciones realizadas en las máquinas-herramienta previamente descritas.

### 2.4.3.7.- Riesgos

Los riesgos más relevantes en la utilización de estos equipos son los siguientes:

TIPO DE RIESGO	CAUSAS O LUGAR DONDE SE PRODUCE
<b>Atrapamiento</b> 	<b>Zona de trabajo del útil.</b>  <b>Posibles elementos de transmisión al descubierto.</b>
<b>Golpes con objetos</b>	<b>Caídas de piezas.</b>  <b>Bordes en punta de las máquinas.</b>  <b>Falta de espacio en el entorno de trabajo.</b>  <b>Mala sujeción del útil o la pieza a trabajar.</b>
<b>Proyección de partículas</b> 	<b>De taladrinas o aceites de corte.</b>
<b>Sobreesfuerzos</b>	<b>Manejo de piezas de grandes dimensiones y pesos.</b>  <b>Posturas forzadas al trabajar.</b>
<b>Contactos eléctricos</b> 	<b>Contactos directos con partes en tensión.</b>  <b>Contacto indirectos por mal aislamiento.</b>
<b>Cortes</b> 	<b>Con piezas o herramientas afiladas de los diferentes equipos.</b>  <b>Con virutas.</b>

### 2.4.3.8.- Soluciones al riesgo de atrapamiento

En este tipo de equipos el mayor riesgo se produce por el contacto con la zona de trabajo. Por ello esta zona debe de estar protegida para evitar el contacto por parte del operario. Estas protecciones deberían poseer interruptor de seguridad, de forma que la anulación de las protecciones produjese la parada del equipo. En los casos de los centros de mecanizado más grandes, se aplica un cerramiento total con dispositivo de enclavamiento o enclavamiento y bloqueo, o bien una protección circundante con célula fotoeléctrica.



Ejemplos visuales:



Zona de peligro en fresadora. Se debe trabajar con la zona debidamente protegida y sin posibilidad de acceso, en este caso con la puerta cerrada.

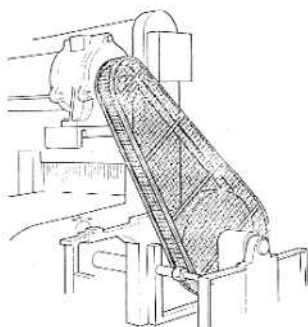


Protección con cerramiento completo de un centro de mecanizado.



Elemento interruptor de seguridad del cerramiento. Impide la apertura en condiciones de trabajo. En el caso de que se pueda acceder a la zona de trabajo antes del paro total del equipo, debe ser de bloqueo.

Las zonas del equipo que no son utilizadas directamente en la actividad se deben proteger bien con protecciones fijas o móviles, en función de si se debe acceder o no para un posible mantenimiento. En cualquier caso deben ser difícilmente eliminables, a poder ser sólo por personal autorizado.



Protección fija para elementos de transmisión del movimiento.

En el caso de equipos anteriores a 1995, que en muchas ocasiones no cumplían los requisitos indicados por el RD 1215/1997, se plantea la necesidad de evitar el acceso a la zona de trabajo manteniendo a la vez la posibilidad de desarrollar el trabajo de forma eficiente.

En estos casos se deben plantear las soluciones que resulten más prácticas para cada equipo en concreto, dentro de las existentes (Resguardos móviles con enclavamiento, accionamiento por medio de doble mando, sistemas fotosensibles, etc...).

Algunas situaciones a proteger son las siguientes:



Ejemplo de fresadoras verticales con acceso a zona de riesgo.



Ejemplo de taladro con acceso a zona de riesgo en la broca.





Rectificadora con riesgo en zona de trabajo.

Posibles soluciones para estos casos son resguardos móviles con enclavamiento. Siempre es deseable que los resguardos posean efectivamente interruptor de seguridad, si bien en algunos casos las soluciones propuestas son resguardos móviles regulables (sobre todo en el caso de los taladros). En este caso el nivel de protección es muy pequeño, al depender exclusivamente de su colocación al ejecutar la tarea y permitir realizar ésta sin protección.



Sistema de protección por pantalla, móvil con enclavamiento. Es un sistema muy polivalente para diversos equipos de mecanizado.



No olvidar que el riesgo de atrapamiento se encuentra presente, no sólo en la zona de trabajo, sino también en presencia de correas, poleas, engranajes, etc...).

#### 2.4.3.9.- Soluciones a golpes con objetos y cortes

Se pueden producir por diferentes causas. Es imprescindible tener espacio suficiente en el entorno de trabajo así como disponer de elementos de elevación y transporte de piezas adecuados (transpaletas, polipastos, carretillas).

En los casos de rotura del útil o pieza a trabajar, esta eventualidad debe estar anticipada mediante la adecuada protección de la zona de riesgo, además de asegurar siempre el uso de estos equipos en condiciones y con útiles adecuados al trabajo a realizar.





Plato de torno sin protección circundante.



Protección del plato en un torno, debe estar colocada durante la realización del trabajo.



Interruptor de seguridad que asegura la colocación de la protección del plato durante el trabajo del torno.



Es obligatoria, en prevención de los golpes con objetos y los riesgos de corte, la utilización de guantes y de calzado de seguridad.

En algunos equipos de mecanizado, según su disposición, es posible la existencia de riesgo por golpeo con la torre del equipo, en su movimiento de desplazamiento de la mesa. En las situaciones indicadas debe protegerse la zona de acción de dicha torre por medio de protecciones fijas que sólo se abran para las necesarias tareas de mantenimiento.



Protección fija de la zona móvil de un equipo de mecanizado.



Zona de riesgo de golpeo del equipo. Si es posible se debe situar fuera de las áreas de paso y, en caso contrario, protegerla.

#### **2.4.3.10.- Soluciones a proyección de partículas**

El uso de protecciones adecuadas de las que se ha dado cuenta en los puntos anteriores debe evitar el contacto con este tipo de situaciones. Se debe evitar en todo caso la fuga de taladrina o aceites de corte, ya que puede dar lugar a caídas. Es conveniente la utilización de gafas o pantallas protectoras sobre todo en tareas de reglaje o mantenimiento o cuando los resguardos no ofrezcan la debida seguridad.

#### **2.4.3.11.- Soluciones a sobreesfuerzos**

Respecto a los sobreesfuerzos, al igual que lo indicado en otros equipos de trabajo, tales como las prensas, se precisa el uso de apoyos mecánicos en el manejo de piezas de peso excesivo. También es relevante la adecuada organización de la zona de trabajo evitando la multiplicación indebida de esfuerzos y posturas inadecuadas. En casos concretos se debe aplicar el uso de fajas lumbares.

#### **2.4.3.12.- Soluciones al contacto eléctrico**

En el caso de contactos directos, es necesario aislar y cuidar del correcto estado de los elementos en tensión (cables, resistencias, mangueras, etc.) con un mantenimiento adecuado. Para evitar los contactos eléctricos indirectos, resulta necesario disponer de un adecuado sistema de toma de tierra además de un protector diferencial individualizado para cada equipo. Debe realizarse una comprobación periódica del funcionamiento de los dispositivos de protección.

#### **2.4.3.13.- Normas básicas en el trabajo con tornos**

- Verificar que el plato y su protección se encuentran adecuadamente colocados.
- Comprobar el apriete de los tornillos del carro superior.
- Asegurar que la pantalla de protección contra proyecciones se encuentra bien situada.
- Nunca frenar el plato con la mano.
- Asegurar el orden y limpieza de herramientas y útiles.
- Mantener las zonas alrededor de la máquina, limpias y libres de manchas de aceite o virutas.
- Retirar las virutas con regularidad.

- Asegurar un buen mantenimiento del equipo.

#### **2.4.3.14.- Normas básicas en el trabajo con taladros**

- Asegurar la existencia y buen uso de protecciones.
- Comprobar que la mesa de trabajo y su brazo están bien bloqueados.
- Comprobar que la pieza a taladrar está adecuadamente sujeta.
- Verificar que la broca está correctamente fijada al portaherramientas.
- Asegurar la idoneidad de la broca al trabajo a efectuar.
- No sujetar nunca la pieza a taladrar con la mano.
- Retirar periódicamente las virutas con un cepillo o herramienta adecuada.
- Asegurar un correcto orden y limpieza de las herramientas, piezas, brocas, etc. antes, durante y después del trabajo.

#### **2.4.3.15.- Normas básicas en el trabajo con fresadoras**

- Asegurar que la pieza está correctamente sujeta.
- Comprobar que la fresa está bien colocada en el cabezal y adecuadamente sujeta.
- Comprobar que todas las protecciones están colocadas y funcionan correctamente.
- Mantener un adecuado orden y limpieza.

### **2.4.4.- Equipos de Electroerosión**

#### **2.4.4.1.- Funcionamiento**

Los equipos de electroerosión están destinados al mecanizado de piezas metálicas de precisión, por medio de la erosión eléctrica de la superficie de los mismos. Para ello, tanto la pieza a mecanizar como el útil se sumergen en un líquido dieléctrico, produciéndose la erosión por una serie de descargas eléctricas entre útil y pieza.

El proceso emite localmente una gran cantidad de calor (más de 8.000 °C), aunque la temperatura de la cubeta gracias a la refrigeración es mucho menor.

Existen dos sistemas de electroerosión:

- Electroerosión por hilo: En el cual el útil es un filamento y se utiliza para tareas de corte.
- Electroerosión por penetración: En el cual el útil tiene la forma de la superficie a reproducir. Aplicable especialmente para formas que no son realizables por otro sistema más convencional de mecanizado (fresadora, torno, etc.).

### 2.4.4.2.- Riesgos

Estos equipos se caracterizan sobre todo por un importante riesgo de incendio y explosión, existiendo a su vez otros riesgos menores pero no desdeñables.

Los principales riesgos son:

TIPO DE RIESGO	CAUSAS O LUGAR DONDE SE PRODUCE
<b>Atrapamiento</b> 	<p><i>En elementos móviles de transmisión (poleas que mueven el hilo).</i></p> <p><i>En el movimiento del útil.</i></p>
<b>Contacto térmico</b> 	<p><i>En la cubeta de trabajo.</i></p>
<b>Contacto eléctrico</b> 	<p><i>Por mal aislamiento o partes en tensión mal protegidas.</i></p>
<b>Incendio y Explosión</b> 	<p><i>Durante la actividad, especialmente si se trabaja sin supervisión del operario.</i></p>
<b>Sobreesfuerzos</b>	<p><i>En la alimentación del equipo y recogida de las piezas</i></p>

### 2.4.4.3.- Soluciones al atrapamiento

El útil situado en la cubeta debe ser inaccesible, como regla general. El resguardo para mayor debe ser un resguardo móvil (ya que es necesario acceder a la zona) con enclavamiento o enclavamiento y bloqueo. Deben proporcionar la máxima visibilidad.



Zona de peligro en Electroerosión por penetración.



Equipo de Electroerosión por penetración con resguardo seguro. El resguardo inferior debe tener bloqueo, para evitar el derrame del dieléctrico.



Es importante asegurar una buena iluminación.

En el caso de Electroerosión por hilo es fundamental proteger las poleas que transmiten el movimiento al hilo. Es adecuado un sistema de resguardo móvil con enclavamiento.



Zona a proteger



Resguardo que debe estar cerrado durante la operación del equipo. Con enclavamiento que impida el funcionamiento si se abre.

#### 2.4.4.4.- Soluciones al contacto térmico

Estos equipos deben estar dotados de un sistema de vigilancia de la temperatura del dieléctrico que detenga el mecanizado cuando se produzca un calentamiento excesivo.

#### 2.4.4.5.- Soluciones al contacto eléctrico

La máquina debe tener un sistema de protección que imposibilite el contacto con los electrodos durante la utilización. Debe imposibilitarse la puesta en tensión de los electrodos si no están sumergidos en el fluido dieléctrico.

Respecto a contactos eléctricos indirectos, se debe mantener una adecuada puesta a tierra así como un interruptor diferencial individualizado para cada equipo y de alta sensibilidad.

#### 2.4.4.6.- Soluciones a los riesgos de incendio y explosión.

Los riesgos de incendio y explosión son los más específicos de este tipo de equipos y lo que los convierten en elementos sobre los que hay que mantener la mayor atención. A pesar de que el fluido dieléctrico no se inflama con facilidad, es necesario instalar un sistema de detección y extinción automática de llamas. Esto resulta imprescindible cuando el equipo funciona sin supervisión directa y continua de un operario.



Detector de llamas.

#### 2.4.4.7.- Soluciones a sobreesfuerzos

Como en el resto de equipos de mecanizado, el riesgo de sobreesfuerzo debe minimizarse por medio del uso de equipos de apoyo (transpaletas, polipastos, puente grúa, carretillas) así como evitando las posturas forzadas. La formación e información sobre higiene postural resulta en este sentido muy aconsejable.



#### **2.4.4.8.- Normas básicas en el trabajo con Equipos de Electroerosión**

- Las operaciones de reglaje y puesta en marcha de estos equipos deben ser realizados únicamente por personal cualificado.
- Es conveniente la existencia de equipos de extinción cercanos al equipo por el especial riesgo de incendio que comporta su uso.
- Aspectos de seguridad básicos indicados en el resto de equipos de mecanizado.

#### **2.4.5.- Inyectoras**

##### **2.4.5.1.- Funcionamiento**

Las inyectoras son máquinas que posibilitan el desarrollo de un producto plástico por medio de un molde, el cual está diseñado con cavidades internas, lo que posibilita el alojamiento del material de tal manera que el plástico en este caso pueda entrar y lograr el llenado del mismo creando así una pieza plástica de cualquier variedad.

A través de una boquilla de inyección se inyecta una determinada dosis de plástico al interior del molde, constituido por una parte fija y una móvil accionada hidráulicamente. Los moldes se cierran para que la pieza pueda ser inyectada y se abren para dejarla caer tras su conformación. Las piezas caen a un contenedor inferior donde se produce su recogida.

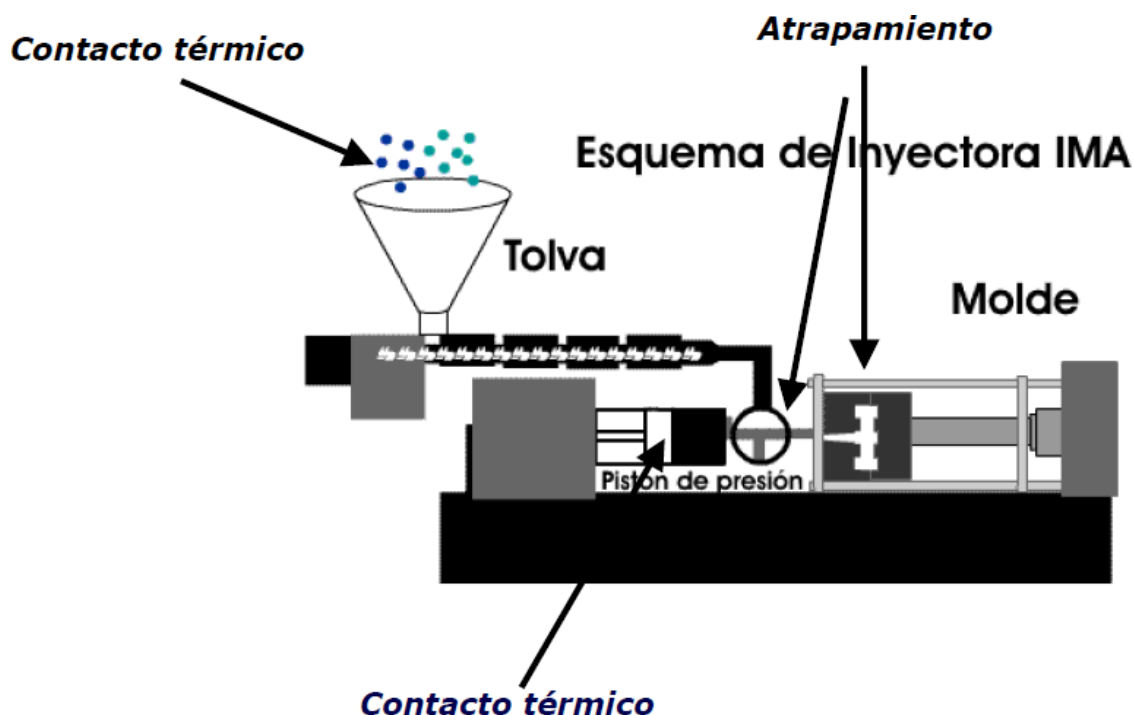
### 2.4.5.2.- Riesgos

Estos equipos como cualquier máquina pueden llegar a producir accidentes importantes en caso de uso inadecuado o si la protección de las zonas de riesgo no es adecuada.

Los riesgos más relevantes en la utilización de estos equipos son:

TIPO DE RIESGO	CAUSAS O LUGAR DONDE SE PRODUCE
<b>Atrapamiento</b> 	<p><i>En la zona del molde al extraer piezas atascadas o en el proceso.</i></p> <p><i>En la boquilla de inyección.</i></p> <p><i>En molinos o elementos trituradores para recuperación de plástico.</i></p>
<b>Contacto térmico</b> 	<p><i>En tolva y demás zonas en las que se produce calentamiento.</i></p>
<b>Contacto eléctrico</b> 	<p><i>Por mal aislamiento o partes en tensión mal protegidas.</i></p>
<b>Sobreesfuerzos</b>	<p><i>En la zona de alimentación del equipo.</i></p> <p><i>Recogida de las piezas.</i></p>
<b>Caida a distinto nivel</b> 	<p><i>En la zona de alimentación del equipo si está elevada.</i></p>
<b>Inhalación de vapores</b>	<p><i>Descomposiciones no controladas del polímero.</i></p>

En la siguiente página se adjunta un esquema con la localización física de las zonas principales de riesgo.



#### 2.4.5.3.- Soluciones al atrapamiento

Las zonas con riesgo de atrapamiento deben estar protegidas por medio de un resguardo móvil con enclavamiento, de forma que no sea posible la apertura del mismo estando el equipo en funcionamiento. A ser posible deberían existir dos detectores de seguridad en modos positivo y negativo cuando el resguardo es de apertura horizontal. (Normalmente en la zona del molde). Como mínimo debe estar dotado de un detector en modo positivo.

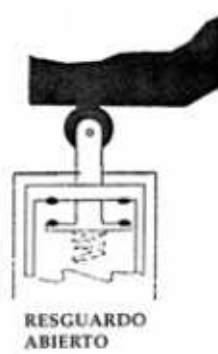


Resguardo de la zona de molde con doble interruptor de seguridad

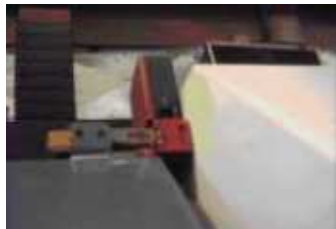


Resguardo de la zona de inyección. Debe asegurarse con enclavamiento para que su apertura durante el proceso implique paro del mismo

Doble detector en modos positivo y negativo, con resguardo cerrado



Modo positivo



Otra opción de detector asociado a la apertura del resguardo

En los casos en los que la inyectora es alimentada por medio de un robot, debe protegerse la zona de influencia del mismo por medio de una valla perimetral. Al ser necesaria la entrada a esa zona de forma periódica no resulta práctico un sistema de resguardo fijo, sino con puerta, eso si con sistema de detección a la apertura que evite la entrada de personal con el robot en funcionamiento.



Robot con vallado perimetral con puerta y dispositivo de seguridad



Los elementos recuperadores de piezas de plástico deben estar adecuadamente protegidos, de forma que no se pueda acceder de forma directa a la herramienta trituradora.

#### 2.4.5.4.- Soluciones al contacto térmico

El contacto térmico con las superficies sometidas a alta temperatura debe ser evitado en lo posible por medio de la señalización adecuada así como por la información y formación de los operarios. También deben utilizarse los equipos de protección individual (guantes) necesarios.



Es muy importante disponer de espacio suficiente para las tareas a realizar por los operarios, de forma que no necesiten aproximarse en exceso a las zonas de riesgo.

#### 2.4.5.5.- Soluciones al contacto eléctrico

En el caso de contactos directos es necesario aislar y cuidar del correcto estado de los elementos en tensión (cables, resistencias, mangueras, etc...) con un mantenimiento adecuado. Para evitar los contactos eléctricos indirectos resulta necesario disponer de un adecuado sistema de toma de tierra además de un protector diferencial individualizado para cada equipo. Debe realizarse una comprobación periódica del funcionamiento de los dispositivos de protección.

#### 2.4.5.6.- Soluciones a los sobreesfuerzos y caída a distinto nivel

En ocasiones la aplicación de un sistema de alimentación e incluso recogida automática por medio de robot hace que este riesgo sea inapreciable. No obstante, en muchas inyectoras la alimentación es manual con lo que resulta de especial relevancia que el acceso a la tolva sea adecuado, con el fin de evitar malas posturas y en ocasiones, incluso caídas.

Otro punto habitual de riesgo es la recogida del producto final que produce la necesidad de establecer por parte del operario movimientos repetitivos (agachándose y adoptando posturas forzadas). En este caso conviene adaptar el proceso de recogida por medio de sistemas como cinta transportadora.

## 2.4.6.- Esmeriladoras

### 2.4.6.1.- Riesgos

Estos equipos pueden, a pesar de que en muchos de los casos no son muy complejos, generar peligros si no se manejan con la debida precaución. Suelen provocar un gran número de accidentes oculares.

TIPO DE RIESGO	CAUSA O LUGAR DONDE SE PRODUCE
<b>Golpes con objetos</b> 	<b>Por rotura de la muela o mala sujeción de la pieza.</b>
<b>Cortes y quemaduras</b> 	<b>Por contacto accidental con la muela.</b>
<b>Proyección de partículas</b> 	<b>Durante la actividad si no está protegido el equipo.</b>
<b>Contacto eléctrico</b> 	<b>Por mal aislamiento o partes en tensión mal protegidas.</b>

### 2.4.6.2.- Soluciones a golpes contra objetos

- La muela debe inspeccionarse en el almacén a la recepción pero también antes del uso, observando que no exista ninguna grieta o fisura.
- Es conveniente realizar además una prueba de sonido, comprobando al golpear suavemente que el sonido es claro.
- Debe asegurarse que el soporte de la muela es estable y no se producen vibraciones.
- Asegurar que el giro de la muela es adecuado y sin roces.



- No sobrepasar la velocidad máxima de giro.

#### 2.4.6.3.- Soluciones a cortes y quemaduras



- En este caso se debe usar en todo caso los equipos de protección individual indicados (guantes).
- Mantener el adecuado orden y limpieza de la zona de trabajo con el fin de evitar caídas.
- Asegurar que el equipo dispone de la adecuada carcasa de protección.
- Llevar ropa de trabajo ajustada.
- Asegurar la correcta iluminación de la zona de trabajo.

#### 2.4.6.4.- Soluciones a la proyección de partículas

- El sistema a emplear de forma general es la aplicación en el equipo de protecciones regulables transparentes (que permitan ver la pieza a su través). Esto es siempre preferible al uso de gafas de seguridad o pantallas faciales que sólo deben usarse en caso de rotura temporal de la protección del equipo.



Protecciones regulables de metacrilato en las zonas de trabajo.



No olvidar el uso de gafas o pantallas de seguridad cuando los protectores del equipo no estén operativos o no sean suficientemente seguros.

#### 2.4.6.5.- Normas básicas en el trabajo con esmeriladoras

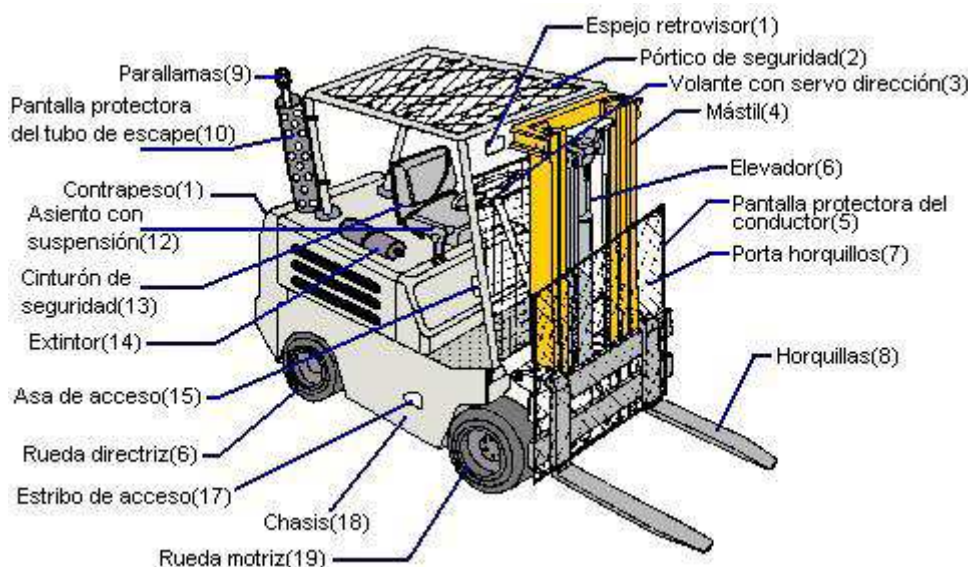
- Comprobar antes del trabajo el estado de la muela.
- Asegurar la existencia y buen estado de los dispositivos de seguridad. (carcasas, pantallas...)
- Usar siempre guantes adecuados.
- Comprobar el correcto ajuste de la muela antes de iniciar el trabajo.
- No apretar demasiado la pieza a trabajar con la muela cuando aún esté fría.
- No usar nunca las manos como freno para detener el equipo ni siquiera usando guantes.

## 2.4.7.- Carretillas elevadoras

### 2.4.7.1.- Funcionamiento

Las carretillas elevadoras son equipos de trabajo de tracción motriz destinadas a transportar, empujar, tirar o levantar cargas. Se trata de un equipo autónomo que permite levantar cargas en voladizo, por lo que es ampliamente utilizada en cualquier entorno. Las carretillas elevadoras pueden ser eléctricas o de combustión interna.

Las carretillas deben adaptarse a las superficies y lugares de trabajo (entorno de trabajo) en el que van a ser utilizadas teniendo en cuenta por ejemplo el uso de carretillas eléctricas en entornos cerrados, así como la existencia o no de equipos autónomos de iluminación según las circunstancias.



### 2.4.7.2.- Riesgos

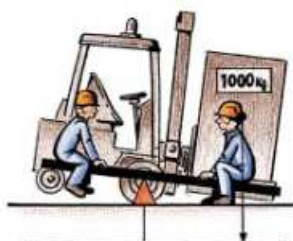
Estos equipos pueden someter a importantes riesgos tanto al operador como al resto de trabajadores del entorno. Por ello es muy importante que sólo utilicen carretillas elevadoras aquellos miembros del personal que estén cualificados para ello.

Los riesgos más relevantes en la utilización de estos equipos son:

<b>TIPO DE RIESGO</b>	<b>CAUSAS O LUGAR DONDE SE PRODUCE</b>
<b>Caída de personas a distinto nivel</b>	<b>En la operación de izado o transporte de personas (totalmente prohibido).</b>
<b>Caída de cargas a distinto y al mismo nivel</b>	<b>Operaciones de subida y bajada de la carga y posicionamiento en estanterías.</b>
<b>Vuelco / caída del conductor</b>	<b>Sobrecarga de la carretilla.</b> <b>Uso en pendientes.</b> <b>Conducción inadecuada.</b>
<b>Golpes contra objetos</b>	<b>Conducción inadecuada.</b> <b>Falta de espacio.</b> <b>Mala organización de almacenes y zonas de trabajo.</b>
<b>Atropello</b>	<b>Falta de delimitación de zonas de paso de peatones.</b> <b>Falta de espacio.</b> <b>Conducción inadecuada.</b>
<b>Colisión con otros vehículos</b>	<b>Falta de espacio.</b> <b>Conducción inadecuada.</b> <b>Inadecuada señalización y toma de medidas de seguridad (espejos).</b>
<b>OTROS (Contacto eléctrico, incendio, etc..)</b>	<b>En operaciones de mantenimiento y recarga de batería.</b>

### 2.4.7.3.- Soluciones a la caída de cargas a distinto y al mismo nivel

Siendo este uno de los principales riesgos y con consecuencias negativas tanto para el operador como otros trabajadores, se plantean las siguientes medidas:



- Instalación de pórtico de seguridad (ver imagen inicial).
- No elevar cargas que excedan la capacidad de la carretilla o del medio de sustentación.
- No elevar cargas sin asegurarse de su correcta sustentación y a ser posible con elementos normalizados (palets...).

- Mantener un buen nivel de iluminación en el entorno.
- No sobrecargar las baldas de las estanterías.
- Mantener siempre correcta visibilidad de la operación.



### 2.4.7.4.- Soluciones a la caída de personas a distinto nivel



No debe efectuarse el izado de personas a distinto nivel por medio de carretillas elevadoras, salvo en el caso de existencia de elementos de sustentación normalizados. Nunca elevar personas sobre las uñas de la carretilla o sobre un palet.

### 2.4.7.5.- Soluciones al vuelco /caída del conductor

El vuelco se debe fundamentalmente al manejo inadecuado de la carga o a la mala conducción de la carretilla. Para evitar estos supuestos y sus consecuencias determinamos las siguientes medidas:

- No realizar giros buscos, con o sin carga.
- Utilizar cinturón de seguridad, del que debe estar dispuesta la carretilla.
- No inclinarse hacia el exterior en las maniobras.
- Mantener el suelo en buen estado y libre de líquidos o sustancias resbaladizas.



- Usar carretillas con estructura resistente al vuelco y protectora del conductor.
- Tener protegidos todos los posibles huecos por los que pudiera caer la carretilla.
- Correcto mantenimiento de la carretilla (ruedas en buen estado).
- No conducir con la carga en alto.



Transporte correcto de carga

#### 2.4.7.6.- Soluciones al riesgo de atropello

Este tipo de situaciones se dan fundamentalmente debido a la mala organización del lugar de trabajo y a malas actitudes de operarios de carretillas e incluso trabajadores peatonales. Como principales medidas se pueden tomar las siguientes:

- La carretilla debe tener elementos de indicación de seguridad (señal luminosa giratoria, acústica de marcha atrás).
- Se debe delimitar correctamente la zona de paso de carretillas y las zonas peatonales.
- Utilizar señalizaciones adecuadas de la existencia de carretillas trabajando.
- Acondicionar con señalización de seguridad y sistemas de visibilidad (espejos) las intersecciones y zonas de especial peligro.
- El operador debe trabajar siempre con visibilidad de la zona de marcha y a una velocidad razonable.
- Disponer de frenos adecuados y de sistemas que paren el equipo en caso de que el conductor pierda el conocimiento o no esté en disposición de controlar la carretilla (sistemas de hombre muerto).



Esto no puede ocurrir

Estas medidas deben servir también para evitar la colisión con otros vehículos.

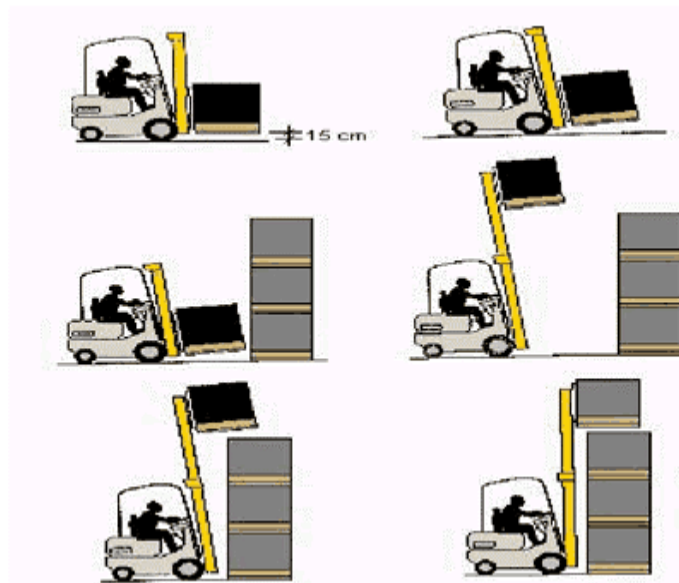


### 2.4.7.7.- Normas básicas en el trabajo con carretillas elevadoras

Las carretillas elevadoras son un elemento móvil, lo que las diferencia claramente de otros equipos de trabajo. Lo más importante es que son susceptibles de crear riesgos para el operador y para su entorno, por lo que precisamente la actitud correcta de éste operador es clave en la seguridad.

Las normas que exponemos a continuación complementan las medidas anteriores y deben servir para evitar situaciones comprometidas.

- Debe realizarse la manipulación, transporte y depósito de la carga siguiendo los principios marcados en la imagen:



- Debe circularse sin carga con la horquilla baja.

- En el caso de circulación en pendientes:

- a) El ascenso siempre marcha adelante.
- b) El descenso sólo marcha adelante si el ángulo de la rampa es menor que el de la inclinación máxima del mástil.



- No debe conducirse ni elevar o bajar cargas con brusquedad.
- No trabajar con cargas inestables.



- No girar cargas elevadas hacia delante.



- **IMPORTANTE.** No llevar a ninguna persona en la carretilla. Este equipo no está preparado para ello.

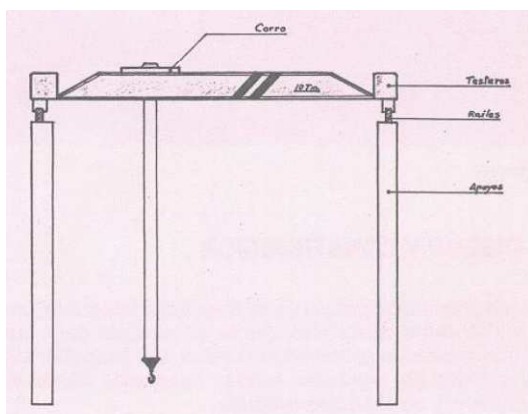
## 2.4.8.- Puentes grúa y otros equipos de elevación de carga

### 2.4.8.1.- Funcionamiento

Los puentes grúa son elementos imprescindibles en la gran mayoría de empresas del sector, al tener que movilizar y desplazar cargas de cierta importancia a lo largo del lugar de trabajo.

Los puentes grúa son dispositivos utilizados para el transporte de estas cargas tanto en desplazamiento vertical como horizontal. El fundamento de estos equipos es una o dos vigas móviles apoyadas en columnas a través de toda la anchura entre dos paredes opuestas. Se consideran tres partes en estos equipos:

- El puente, que se desplaza horizontalmente.
- El carro, que se desplaza por el puente y a lo largo de la anchura del lugar de trabajo.
- El gancho, que realiza el movimiento vertical y de sustentación de la carga.



En cuanto al mando del equipo éste puede ser desde el suelo o en algunos casos desde cabina, en función de las características del puente grúa a considerar.

### 2.4.8.2.- Riesgos

El trabajo con este tipo de equipos está sometido a importantes riesgos que en caso de mala operación ocasionarían accidentes graves. En este caso, además es preciso tener en cuenta la importante premisa del riesgo al que el operador puede someter a otros trabajadores, con lo que la responsabilidad del mismo es un aspecto fundamental.

Los riesgos más relevantes son los indicados en la página siguiente:

TIPO DE RIESGO	CAUSAS O LUGAR DONDE SE PRODUCE
<b>Caída de objetos desde altura</b> 	<b>Rotura del elemento de sustentación (cable, sirga, etc..).</b>  <b>Rotura del puente por sobrecarga.</b>  <b>Caída de la carga en el ascenso o descenso por mal posicionamiento o sujeción del gancho.</b>
<b>Golpeo de la carga o el gancho contra objetos o personas</b>	<b>Errores en el guiado de la carga.</b>  <b>Existencia de obstáculos en el lugar de operación.</b>  <b>Oscilaciones al chocar con los topes.</b>  <b>Utilización del equipo por encima de puestos de trabajo.</b>  <b>Utilización por personal no especializado.</b>
<b>Contacto eléctrico</b> 	<b>Durante tareas de mantenimiento.</b>

#### 2.4.8.3.- Soluciones a la caída de objetos desde altura

Como premisa básica, el puente grúa debe ser utilizado únicamente por personal competente, debido a su especial riesgo y a su manejo especializado. En todo caso deben mantenerse una serie de principios:

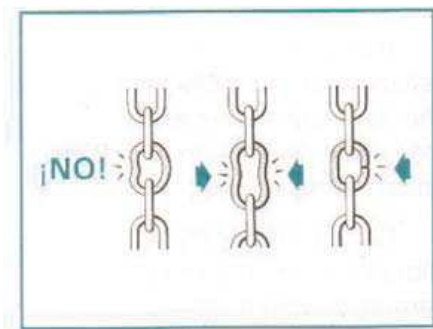
- Uso de limitadores de carga, preferiblemente de tipo electrónico.
- Indicar claramente la capacidad nominal del puente grúa.

- Existencia de finales de carrera tanto de traslación del puente como del carro, para evitar accidentes graves por caída del puente.

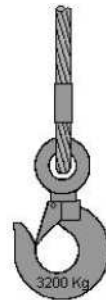


Vista de elemento final de carrera

Utilización de sistemas de sustentación adecuados y verificación periódica de los mismos.



- Uso de sistemas de sustentación en los límites de carga admisibles (nunca sobrecargar).
- Usar siempre ganchos con pestillo de seguridad.
- Y en los que esté indicada la capacidad de carga.



#### 2.4.8.4.- Soluciones a Golpeo de la carga o el gancho contra objetos o personas

Siguiendo las mismas premisas que en el apartado anterior en cuanto a la idoneidad del operador se añaden los siguientes aspectos.

- Realizar los trabajos sin carga así como la disposición del gancho tras un trabajo a suficiente altura.
- Uso de mandos de control con los movimientos correctamente indicados y de forma clara para el operador.
- Usar mandos de control que cesen el movimiento al dejar de ejercer presión (sistema de hombre muerto).
- Trabajar siempre con correcta visibilidad de toda el área de trabajo.

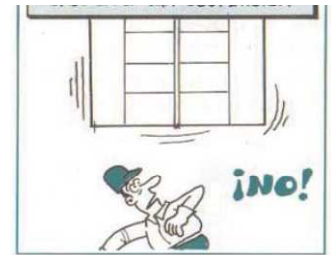


- Señalizar la zona de movimiento de carga y, en todo caso, no elevar nunca por encima de puestos de trabajo o de trabajadores.
- Es importante señalar correctamente el riesgo existente por el manejo de cargas suspendidas.

#### 2.4.8.5.- Normas básicas en el trabajo con puentes grúa u otros sistemas de elevación y transporte de carga

Además de los sistemas indicados en los puntos anteriores para solventar los riesgos principales en el manejo de estos equipos, vamos a dar una serie de normas de manejo a cumplir por cualquier operador de puente grúa:

- Realizar antes de una elevación de carga una pequeña elevación de prueba para comprobar la estabilidad.
- Mantener siempre la carga con el carro y el puente alineados, con el fin de evitar balanceos.
- No colocarse nunca debajo de la carga en suspensión ni transportarla por encima de los trabajadores.
- Asegurar la correcta disposición y amarre de la carga.
- En caso de no tener visibilidad suficiente de la operación a realizar, utilizar un ayudante que emplee señales normalizadas y comprensibles por el operador.



Muy importante. El puente grúa es un equipo de utilización exclusiva por parte de personal cualificado.

### 2.5.- ASPECTOS SOBRE EL MANEJO DE CARGAS E HIGIENE POSTURAL

En general en el sector del metal, y de forma más específica en el entorno del sector motivo del estudio, juegan un papel fundamental las inadecuadas y mantenidas en el tiempo.

En cuanto a las cargas que es necesario mover, en la mayoría de centros de trabajo se dispone de equipos de elevación y transporte adecuados, que facilitan la tarea en el caso de grandes pesos. No obstante hay una gama de piezas y elementos de trabajo de peso menor para los cuales en general se recurre a la fuerza humana desarrollada por el trabajador y, que en ocasiones, puede llevar a problemas de tipo músculo esquelético.

Respecto a las posturas inadecuadas mantenidas, el riesgo al no tratarse de una actividad que generalmente recurra al trabajo en rigurosa cadena, mantiene un nivel inferior al de otros sectores. No obstante una adecuada formación a los trabajadores sobre higiene postural podría prevenir ciertas patologías.

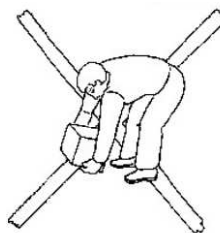
### 2.5.1.- Manejo de cargas

Se deben mantener unos principios generales que evitarán situaciones indeseables.

- Utilizar siempre que sea posible, ayudas mecánicas en lugar de manuales para manipular cargas.
- En las tareas muy repetitivas se debe disminuir el peso manejado. Si no se puede modificar el peso, debe bajarse la frecuencia, o establecer pausas frecuentes y suficientes.
- Es aconsejable alternar tareas con carga física con otro tipo de tareas más ligeras.
- Evite manejar cargas con los brazos muy separados del cuerpo, el tronco girado o muy flexionado.
- No manipule cargas de forma repetida con los brazos por encima de los hombros.
- Nunca maneje pesos elevados en posición sentada. (No más de 5 Kg).
- El peso máximo recomendado en trabajos habituales de manipulación de cargas es de 25 kg.
- En trabajos esporádicos de manipulación de cargas, el peso permitido puede llegar hasta los 40 kg.
- Observar la forma y tamaño, posible peso, puntos de agarre, e indicaciones de la carga, antes de mover pesos.
- Pedir ayuda a otros si el peso de la carga es excesivo.
- Sitúe la carga cerca del cuerpo en todo momento. Separe los pies ligeramente, colocando un pie más adelantado que el otro en la dirección del movimiento que intente hacer. Si tiene que levantar una caja o un bidón, mantenga un pie separado hacia atrás, para poder retirarlo si la carga bascula.
- Antes de levantar la carga, la espalda debe mantenerla recta.



Postura correcta



Postura incorrecta



- No gire el tronco ni adopte posturas forzadas o bruscas mientras eleva la carga.

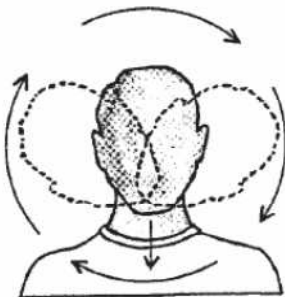


- Haga rodar o deslice la carga si es posible

### 2.5.2.- Trabajos que incluyen movimientos repetitivos

Ya hemos comentado que éste no es un sector en el que estas situaciones sean de gran relevancia, pero en algunas ocasiones el desconocimiento de aspectos básicos en cuanto al manejo de herramientas y posicionamiento del cuerpo produce problemas que finalmente pueden derivar en patologías más importantes.

#### 2.5.2.1.- Molestias en el cuello



Producidas por Posturas forzadas de la cabeza: cabeza girada, inclinada hacia atrás o a un lado, o muy inclinada hacia delante o bien mantener la cabeza en la misma posición durante muchos minutos.

Además de revisar la forma de efectuar el trabajo por si existieran sistemas que no obligaran a esa tensión cervical, es recomendable hacer cada cierto tiempo ejercicios de relajación como los indicados en la imagen.

#### 2.5.2.2.- Molestias en los hombros

Las causas principales a tener en cuenta son:

- Posturas forzadas de los brazos: brazos muy levantados por delante o a los lados del cuerpo; brazos llevados hacia atrás del tronco.
- Movimientos muy repetitivos de los brazos.
- Mantener los brazos en una misma posición durante muchos minutos.



Postura inadecuada que genera riesgo de lesión en los hombros. No se debe trabajar en posturas que obliguen a elevar continuamente los hombros.



Es necesario revisar las condiciones en las que se desarrolla el trabajo si existiendo situaciones como las indicadas, los trabajadores indican molestias continuadas en la zona.

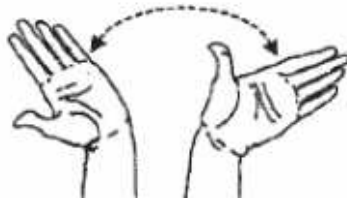
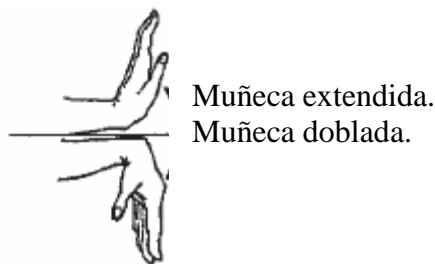
### 2.5.2.3.- Molestias en los codos

Las causas principales son trabajos repetitivos de los brazos que al mismo tiempo exige realizar fuerza con la mano. Se observan posibles lesiones en el codo en el momento en el que éste duele incluso sin moverlo.

### 2.5.2.4.- Molestias en las muñecas

Las causas principales son:

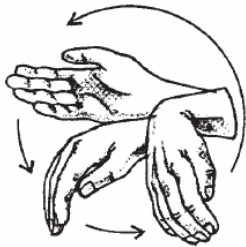
- El trabajo manual repetitivo haciendo a la vez fuerza con la mano o con los dedos.
- Un trabajo repetitivo de la mano con una postura forzada de la muñeca, o usando sólo dos o tres dedos para agarrar los objetos.
- Movimientos de la muñeca que pueden generar riesgos.



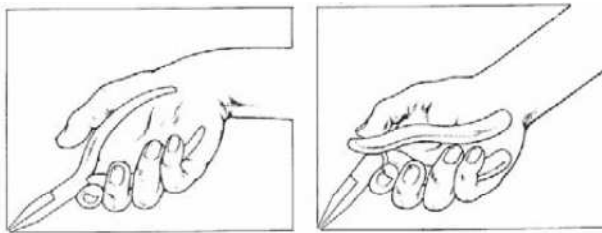
Algunas medidas preventivas:

- Todo lo que se manipule con frecuencia debe estar situado por delante y cerca del cuerpo.
- Evitar el trabajo prolongado muy por debajo de los codos o por encima de los hombros.
- Reducir la fuerza hecha con los brazos o las manos (disminuyendo el peso de los objetos, utilizando herramientas adecuadas, empleando elementos de ayuda).
- Mantener apoyados los antebrazos, cuando la tarea lo permita.

- Reducir la fuerza hecha con las manos y con los dedos.
- Agarrar los objetos con todos los dedos flexionados (como cuando se agarra un palo).
- Evitar trabajar con el codo completamente extendido o doblado.
- No emplear la mano para golpear los objetos (como un martillo).
- Evitar sujetar objetos con superficies resbaladizas: cambiarlas, emplear dispositivos que faciliten el agarre o usar guantes apropiados.
- Alargar los ciclos de trabajo muy cortos, por ejemplo, ampliando el número de tareas a realizar.
- Evitar el trabajo repetitivo, alternando tareas diferentes durante la jornada de trabajo.



Ejercicios de relajación



Adecuado diseño de herramienta que impide problemas en la muñeca.

## 2.6.- Utilización de herramientas manuales

En el sector motivo de estudio, además de las máquinas herramientas de alta tecnología que hemos contemplado en los capítulos anteriores, se utiliza gran variedad de herramientas manuales para tareas tales como montaje y desmontaje, reparación de moldes, corte y desbaste de materiales, etc... Por ello es conveniente indicar una serie de medidas básicas a la hora de usar estas herramientas.

La siniestralidad originada por la utilización de las herramientas manuales es relativamente elevada en el sector, si bien se trata de pequeños accidentes casi siempre de carácter leve, siendo los más habituales cortes, golpes o aplastamiento sobretodo en las extremidades superiores y otros como proyecciones de partículas o esguinces / tendinitis (por un mala empuñadura de la herramienta).

### 2.6.1.- Disposiciones de carácter general

- Debe utilizarse la herramienta adecuada, empleándola para la función correcta.



- Cada usuario comprobará el buen estado de las herramientas antes de su uso, inspeccionando cuidadosamente mangos, filos, zonas de ajuste, partes móviles, cortantes y susceptibles de proyección, y se responsabilizará de la conservación tanto de las herramientas que él tenga encomendadas como de las que utilice ocasionalmente. Las herramientas se mantendrán limpias y en buenas condiciones.

- No se utilizarán herramientas con mangos flojos o en mal estado.
- No deben lanzarse herramientas; deben entregarse en mano y por la parte no cortante.
- Nunca se deben llevar herramientas en los bolsillos. Utilizar cinturones de herramientas o sistemas alternativos.
- Las herramientas de corte se mantendrán afiladas y con la zona de corte protegido.
- Las herramientas deberán estar ordenadas adecuadamente, tanto durante su uso como en su almacenamiento, procurando no mezclar las que sean de diferentes características.
- En caso de duda sobre la utilización correcta de una determinada herramienta, se pedirán aclaraciones al jefe inmediato antes de usarse.

### 2.6.2.- Martillos

- No utilizar un martillo con el mango deteriorado, aunque se haya reforzado.
- Emplear martillos cuya cabeza presente aristas y esquinas limpias, evitando las rebabas, que pueden dar lugar a proyecciones.

- En las herramientas con mango se vigilará

- a) El estado de solidez de éste.
- b) Ajuste de la herramienta.
- c) Los mangos no presentarán astillas ni fisuras.



- Utilizar gafas de seguridad homologadas ante el mínimo riesgo de proyecciones.

### 2.6.3.- Limas

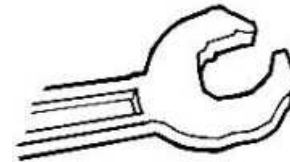
- No deben usarse sin mango, con las puntas rotas o los dientes engrasados o desgastados.
- La espiga debe montarse sobre un mango liso sin grietas y la fijación debe realizarse con seguridad.



- No se deben utilizar las limas como palanca martillo, punzón o para otros fines distintos a los que son propios.
- Para mantenerlas limpias de grasa y restos de materiales se limpiarán con cepillo de alambre.

#### 2.6.4.- Llaves

- No se debe usar una llave que esté en mal estado
- Está prohibido utilizarla a modo de martillo o para hacer palanca.
- Se mantendrán siempre limpias y sin grasa.
- Se debe utilizar para cada trabajo el tipo y el calibre de llave adecuada. La llave deberá ajustar a la tuerca y se situará perpendicularmente al eje del tornillo.
- El esfuerzo sobre la llave se hará tirando, no empujando.
- En caso de llaves ajustables o inglesas, la mandíbula fija se colocará al lado opuesto de la dirección de tiro o empuje de forma que la que soporte el esfuerzo sea ésta.
- Nunca rectificar llaves en la muela o esmeril para adaptar su abertura.
- No se emplearán tubos o cualquier elemento para aumentar el brazo de palanca en llaves fijas o ajustables no concebidas para ello.



#### 2.6.5.- Destornilladores

- No utilizarlos con el mango agrietado o suelto.
- No usar con la boca redondeada, afilada o mellada.
- El vástago del destornillador no debe estar torcido.
- Nunca utilizar como cincel o palanca. Sólo debe emplearse para apretar y aflojar tornillos.
- Se empleará el tamaño adecuado en cada caso, teniendo en cuenta que la palanca del destornillador debe ajustarse hasta el fondo de la ranura del tornillo, pero sin sobresalir lateralmente.



- El vástago se mantendrá siempre perpendicular a la superficie del tornillo.
- No utilizar sobre piezas sueltas y sujetas estas por la mano. En piezas pequeñas es más fácil que el destornillador se salga de la ranura. Por ello, la pieza se sujetará con tornillos o con tenazas para evitar lesiones. Las manos se situarán siempre fuera de la posible trayectoria del destornillador. Ojo con poner la mano detrás o debajo de la pieza a atornillar.
- Se evitará apoyar sobre el cuerpo la pieza en la que se va a atornillar, ni tampoco se apoyará el cuerpo sobre la herramienta.



Situación peligrosa

### 2.6.6.- Tenazas y alicates

- No emplearlos con las mandíbulas desgastadas o sueltas.
- El filo de la parte cortante no debe estar mellado.
- No colocar los dedos entre los mangos.
- Engrasar periódicamente el pasador de la articulación.



No se deben usar en lugar de llaves para soltar o apretar tuercas o tornillos.

Tampoco se pueden emplear para golpear objetos



### 2.6.7.- Cortafríos

- Cuando se usen cortafríos se recomienda hacerlo sujetándolos con las pinzas o tenazas o empleando protectores de goma en los mismos, nunca con las manos directamente.
- Debe realizarse una limpieza periódica de las rebabas existentes en las herramientas de percusión (cortafríos, cinceles, barrenas, etc.)
- Nunca utilizarlos con las cabezas astilladas, saltadas o con rebordes.
- Se manejarán con guantes de protección y haciendo uso de gafas protectoras.
- No manejarlos nunca a modo de palanca.
- Usar el martillo de peso adecuado al tamaño del cortafríos.
- Tener la pieza sobre la que se trabaje firmemente sujeta.
- Es necesario usar gafas protectoras y guantes de seguridad homologados.

## 2.7.- Equipos de protección individual

Debido al tipo de trabajo que se realiza en este sector, es muy habitual la necesidad de empleo de equipos de protección individual (EPI). Se debe tener siempre en cuenta no obstante, que la preferencia siempre debe ser evitar la fuente de peligro y, sólo en caso de existir riesgo residual o no existir otros medios de contención, se debe recurrir a los EPI.

Como norma general se debe priorizar la protección colectiva a la individual.

La necesidad de emplear un EPI en una tarea concreta debe determinarse a partir de la Evaluación de riesgos específica del puesto.

### 2.7.1.- Características generales que debe tener un EPI

- Deben plantear un adecuado nivel de protección contra el riesgo.
- Deben ser específicos para el riesgo concreto a evitar.
- Deben adaptarse específicamente a cada persona.
- Deben permitir realizar de forma adecuada la tarea, a la vez que proporcionan protección.

### 2.7.2.- Criterios de selección de un EPI

Antes de adquirir un EPI para la protección de un trabajador respecto a los riesgos de su puesto deben tenerse en cuenta una serie de factores, a fin de realizar la elección adecuada. Hay que tener en cuenta que una mala elección de un EPI puede tener consecuencias como las siguientes:

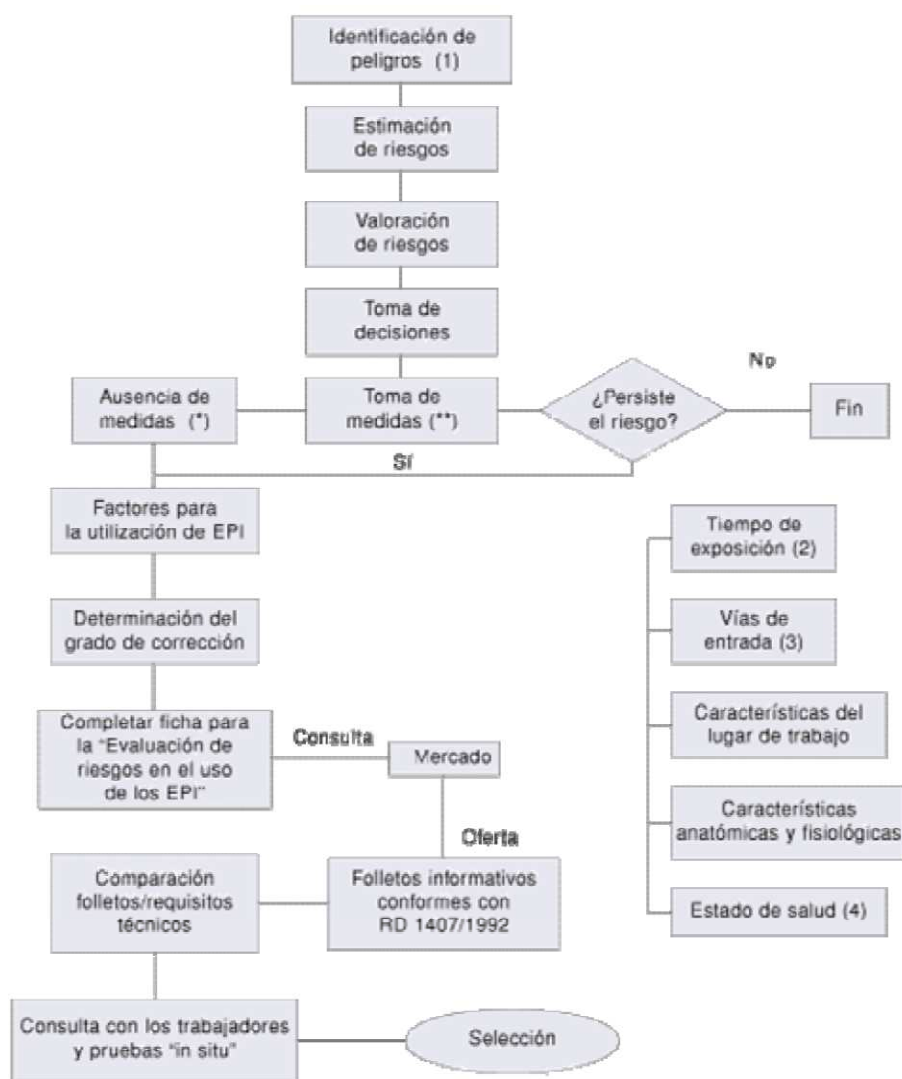


- Inadecuada protección contra el riesgo detectado.
- Dificultad para la realización de las tareas.
- En último término, no uso del EPI por parte del operario.

El proceso de elección de un EPI debe constar de los siguientes pasos:

- Evaluación de los riesgos que no han podido reducirse por otros medios y que se deberán paliar por medio del uso del EPI.
- Determinación de las características que debe presentar el EPI.
- Análisis de las personas que deben portar el EPI.
- Búsqueda del EPI más adecuado dentro de los que se comercializan.

La Guía Técnica para el empleo de Equipos de protección individual indica el siguiente proceso para la evaluación y selección de EPI:



Una vez que se ha elegido el EPI, es necesario controlar su recepción, comprobando particularmente:

- Que posee las condiciones requeridas.
- Que posee marcado CE.
- Que dispone de instrucciones de uso.

Debido a la importancia del uso de EPI para la seguridad, es muy importante controlar tanto la entrega como el uso de los mismos, por parte de los trabajadores. Resulta muy conveniente registrar por escrito estos aspectos así como realizar controles periódicos.

Recordamos que la legislación aplicable a los Equipos de protección individual es la siguiente:

- RD 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- RD 1407/1992 por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los EPI.

El uso de EPI para las diferentes tareas se indica en los apartados correspondientes del estudio.

## **2.8.- Opciones de mejora detectadas en las empresas del sector**

Tras la revisión de determinadas empresas del sector y teniendo en cuenta todos los factores indicados en los capítulos anteriores, se pueden indicar las siguientes acciones de mejora, complementarias a las medidas de seguridad específicas por equipo, desarrolladas en los temas anteriores.

- Completar la adecuación de determinados equipos, en general de poco uso, pero cuyas medidas de seguridad son mejorables.
- Incluir revisiones del buen funcionamiento de los sistemas de seguridad en el mantenimiento preventivo de los equipos, de forma que se sistematice la comprobación de que las máquinas funcionan pero de forma segura.
- Mejorar el control y coordinación con el personal externo que entra a trabajar en las organizaciones, ya que supone una fuente de riesgo que generalmente no está adecuadamente tratada en los Planes de prevención.
- Implantar revisiones periódicas de las condiciones de seguridad, de forma que la situación se actualice a los cambios existentes.
- Establecer un mejor control de la adquisición y entrega de EPI así como de la utilización de los mismos.

- Definir mejores sistemas de comunicación, que permitan alertar de las situaciones de riesgo que se pueden producir así como transmitir de forma efectiva consignas sobre la seguridad y Salud.
- Introducir una sistemática para la implantación de acciones correctivas a partir de los defectos encontrados en las diferentes revisiones y controles o evaluaciones que se efectúan. Para ello sería de gran utilidad definir un procedimiento en el que se determinen claramente responsabilidades y formas de actuación.

## 2.9.- Numeración reales decretos

- REAL DECRETO 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo.
- REAL DECRETO 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre maquinas.
- REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

## 3.- REQUERIMIENTOS EN LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN

### 3.1.- Tipo de máquina y capacidad

El polipropileno puede ser procesado en cualquier máquina de inyección, sin que sea necesaria la desgasificación. La capacidad de la máquina inyectora es el peso del material (normalmente referido en gramos PS) que puede ser inyectado en cada ciclo. En el caso del PP este valor debe ser reducido en un 30%, teniendo en cuenta el menor peso del material a las temperaturas medias del moldeo. (Volumen específico PP =  $1,2 \text{ cm}^3/\text{gr}$  ; PS =  $1 \text{ cm}^3/\text{gr}$ )

La capacidad de la máquina de inyección es función de sus características y de su correspondiente husillo. No es recomendable aprovecharla al máximo. Debería utilizarse entre la mitad y el 75% de la máxima capacidad nominal de la misma.

La capacidad ideal será aquella que no permita un largo estacionamiento del PP en el husillo, evitando en ciertas circunstancias su degradación, pero con el suficiente tiempo para permitir su correcta plastificación antes de su dosificación en el molde. La capacidad de calcula teniendo en cuenta la cantidad de material contenido en las espirales del husillo conocidas las características geométricas del mismo.

### 3.2.- Fuerza de cierre

Es la fuerza generada por la máquina que asegura el cierre del molde durante las fases de llenado y enfriamiento. Deben considerarse  $2,8 \text{ kg/mm}^2$  de área proyectada para un espesor mayor de 2,2 mm. El valor más usual es de  $3,5 \text{ kg/mm}^2$ .

### 3.3.- Husillos

El husillo tiene como misión aportar el calor generado por la energía mecánica al material. El perfil debe ser de tipo general y adaptado a la familia de las poliolefinas. Como se ha explicado en la memoria de este proyecto, los materiales termoplásticos pueden agruparse en dos grandes familias, amorfos y semicristalinos (PP), con características termodinámicas distintas. Las cantidades de calor necesarias para llevarlos a fusión y el modo como ese calor es absorbido son completamente distintos. Por un lado, una cantidad de calor baja adsorbida de manera gradual por los materiales amorfos, por otro lado, una cantidad elevada de calor adsorbido muy rápidamente por los materiales semicristalinos.

Con la creciente tendencia a colorear el PP directamente en el proceso de inyección, utilizando masterbatches o pigmentos predispersados, el cociente L/D del husillo debería ser mayor que utilizando materiales precoloreados. Para el PP se obtienen buenos resultados con relaciones L/D de 16 a 24, relaciones de compresión entre 2:5 y 3:1 y filetes de profundidad reducida.

### 3.4.- Moldes

Para la construcción de moldes a los que se les exigirá alta producción, es recomendable utilizar en las placas figuras aceros templados o con durezas comprendidas entre 130 y 140 kg. El bastidor deberá ser construido con aceros entre 100 y 110 kg.

Los moldes prototipos, cuando sean necesarios, se construyen partiendo de aluminio, resinas termoestables, o materiales afines.

La aproximación de las condiciones del moldeo por inyección, al ideal, consistentes en el llenado simultáneo de todas las cavidades del molde, seguido por un enfriamiento y contracción uniforme del material, está ampliamente conectada con la minimización de la resistencia al llenado ofrecida por el molde. Para obtener esto, es mejor trabajar lo máximo posible sobre la geometría de las cavidades y distribución de los flujos que operan en los límites máximos de temperatura y presión de la máquina de inyección. Más aun, el diseño de la cavidad es decisivo para la rigidez del artículo inyectado y para minimizar la concentración de tensiones internas que serán los puntos de indicación de roturas.

## 4.- CONDICIONES DE INYECCIÓN

### 4.1.- Introducción

En condiciones óptimas, la inyección tiene lugar cuando la presión disponible en el husillo es suficiente para superar la resistencia ofrecida por el molde y para mantener el flujo de la masa fundida constante hasta el completo llenado del mismo.

Debe tenerse en cuenta, el progresivo enfriamiento de la “vena líquida” a medida que avanza dentro del molde. En cualquier proceso de inyección podrían definirse 5 zonas de transición, de espesor variable a medida que el PP fundido avanza dentro del molde.

Las fases más importantes del proceso son:

- La plastificación del PP en el husillo
- Llenado y compactado del PP dentro del molde
- Enfriamiento de la pieza

De hecho, la calidad final de la pieza estará fuertemente influenciada por el tratamiento que le hayamos dado al PP en estas dos fases del proceso.

## **4.2.- Plastificación**

### **4.2.1.- Contrapresión**

Es la presión generada por el proceso del husillo dificultando el avance del material durante la fase de plastificación. El valor se mueve entre 0 y 25 bars. Contribuye, junto al perfil del husillo y a la velocidad de rotación del mismo a la generación de calor de origen mecánico que el husillo proporciona al material. A medida que el husillo retrocede el número de espiras en contacto con el material decrece así como la cantidad de calor que el husillo transfería al material. Esta disminución debe compensarse con un perfil de contrapresión creciente que favorezca la homogeneidad de la masa fundida para una mejor calidad de la pieza resultante.

### **4.2.2.- Velocidad de rotación del husillo**

El efecto de cizallamiento sobre el material y por tanto, el calentamiento local es función de la velocidad tangencial del husillo. Esto significa que cuanto más elevada sea esta velocidad más sufrirá el material una posible degradación. Entendiendo como tal, la rotura de sus cadenas y la variación por tanto, de sus prestaciones finales.

Dos observaciones deben tenerse en cuenta:

- La velocidad a considerar no es la angular del husillo, expresada en giros/min. Husillos más pequeños pueden girar a velocidades angulares mayores respecto a husillos mas grandes, produciendo el mismo efecto sobre el material.
- A igualdad de condiciones de ciclo deberá escogerse la velocidad del husillo más baja posible.

## **4.3.- Temperaturas de inyección**

Es uno de los parámetros que tienen un impacto más elevado en el proceso. Las propiedades de flujo del PP varían considerablemente con la temperatura y la presión de inyección.

En la práctica, la temperatura más deseable para inyección está situada entre un mínimo de 30°C por encima de la temperatura mínima de llenado y la parte superior del área de degradación incipiente.

Las temperaturas altas mejoran el brillo superficial, aumentan la estabilidad dimensional después del desmoldeo y mejoran la resistencia al impacto, debido a su orientación entrelazada y a sus menores tensiones internas, en el caso de piezas con espesores inferiores a 2 mm. Las temperaturas de inyección más usuales están situadas entre 200° y 270°C, teniendo siempre presente que las temperaturas de inyección están directamente relacionadas con el índice de fluidez del PP que está inyectando.

A título indicativo pueden considerarse:

Fluidez gr/10'	T °C
0,3 a 1	245 - 275
1,1 a 5	230 - 250
5,1 a 12	200 - 230
12,1 a 35	200 - 220

Estas temperaturas deben adaptarse al tamaño y espesor de la pieza, geometría, puntos de inyección, etc...

Como es sabido, la temperatura real de la masa fundida no es aquella que reflejan las diferentes zonas del cilindro. Incluso si la temperatura del cilindro es uniforme, la temperatura del material fundido puede ser irregular debido al perfil del husillo y a la pequeña relación del peso respecto a la capacidad del inyector y el tiempo de ciclo.

Las temperaturas del cilindro y las cámaras, deberán por tanto programarse para la obtención de la temperatura de fusión adecuada para cada tipo de PP. Es recomendable un perfil creciente a partir de la zona de alimentación del husillo y decreciente en la boquilla. Deberá verificarse, una vez el proceso haya entrado en el ciclo que la temperatura de fusión se mantiene dentro del intervalo escogido o se harán las correcciones necesarias sobre los termopares del sistema. En el caso de moldes que sean de difícil llenado, la inyección deberá realizarse a la más alta temperatura posible, compatible con la degradación del material.

## 4.4.- Presiones de inyección

### 4.4.1.- 1ª Presión

Durante la fase dinámica, la evolución de la presión de inyección es consecuencia de las características fluido dinámicas del sistema, entendiendo como tal:

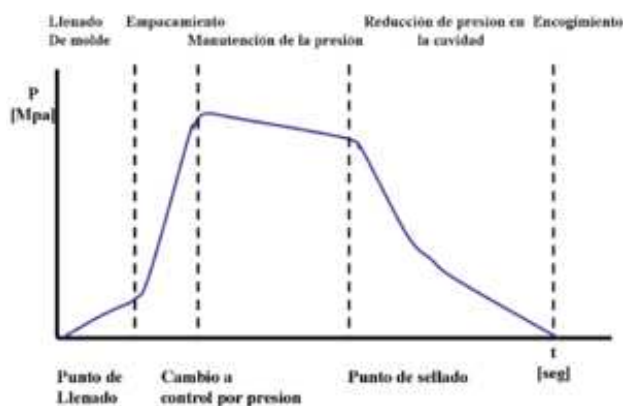
- La viscosidad del material
- La geometría de la pieza que generará una resistencia opuesta al flujo del material en el interior de la cavidad
- La velocidad impuesta



Se trata de una variable dependiente no programable por el ordenador. En la práctica 80 bares o 60 % del nominal. En esta primera fase debe obtenerse el completo llenado del molde. Es necesaria una alta presión sobre el material de al menos  $1000 \text{ kg/cm}^2$ , para asegurar suficiente flujo de material, incluso cuando se moldean piezas de forma complicada.

#### 4.4.2.- 2ª Presión

Tras el llenado de la pieza con la primera presión, se produce una conmutación a la 2ª presión. Es esta una variable programable por el operador, del orden del 50% de la 1ª presión, aproximadamente. La 2ª presión va a influir sobre el volumen de la pieza, es decir, sobre su peso, sobre su aspecto estético: rechupes, rebabas, sobre el grado de tensiones internas y sobre las tolerancias dimensionales. Para que la segunda presión sea eficaz, debe disponer del suficiente material remanente que se irá introduciendo dentro del molde, en la fase de enfriamiento, para compensar su contracción.



Curva típica de un proceso de inyección

#### 4.5.- Velocidad de inyección

Es la velocidad con la que entra la masa fundida dentro de la cavidad del molde. Es una buena norma, que el control de la velocidad de avance del husillo permanezca alto.

La velocidad de inyección no debe ser relacionada directamente con la velocidad de movimiento del husillo porque su relación es solo operacional, en el sentido de que la primera se regula a través del control de la segunda. Una vez se ha identificado la velocidad correcta de avance del frente, no hay razón para que esta deba cambiar en el transcurso de la fase de llenado de la cavidad. Lo que varía, es el área del frente en sí misma y para mantener la velocidad constante es necesario modificar el movimiento del husillo mediante los perfiles programables. Un llenado correcto influye positivamente en el cizallamiento del material, las tensiones residuales (distorsiones de la pieza acabada), el avance del flujo con la consiguiente disminución de las líneas de unión y previene la formación de aire ocluido o quemaduras por efecto Diesel y enfriamiento prematuro.

La calidad de la pieza final estará garantizada si el sistema de regulación, tiene una respuesta rápida, a fin de adaptarse inmediatamente a los valores de velocidad solicitados en cada momento y es capaz de mantenerla inalterable frente a las variaciones de presión.

## 4.6.- Temperatura del molde

El control de temperatura del molde es de fundamental importancia en la inyección del PP y puede ser responsable de la aceptación o rechazo de la pieza inyectada.

A pesar de que el diseño de los canales de refrigeración es el mismo que el aplicado para otros materiales de inyección, la absoluta necesidad en el caso del PP de disipar de manera adecuada el calor de la masa fundida, nos hace insistir en ello; debe disminuir el gradiente de calor entre los puntos más distantes y los más cercanos a los puntos de inyección.

Normalmente, los moldes bien refrigerados (15°C - 30°C) causan menor contracción media, pero favorecen la distorsión en piezas con alta relación área/espesor y disminuyen el brillo superficial. En la parte opuesta con moldes muy calientes (80°C - 90°C) se favorecen las ráfagas, los rechupes y las ondulaciones superficiales. Temperatura media habitual entre 25 y 50°C. El uso de termostatos para el control del ciclo cerrado del agua de refrigeración representa la solución ideal al problema.

La tenacidad (rigidez y dureza) de las piezas de PP incluso a altas temperaturas permite desmoldearlas cuando están todavía calientes, sin la distorsión causada por los expulsores.

Esto es una ventaja que contrapesa los efectos negativos de una temperatura de inyección alta sobre el tiempo de enfriamiento.

El tiempo completo del ciclo, considerando todos los aspectos, es igual al de otros termoplásticos.

## 4.7.- Contracción durante el moldeo

El valor de la contracción, cuyo conocimiento es indispensable para el diseño del molde y para la obtención de piezas en las dimensiones deseadas, es función de la temperatura del proceso, de las presiones de inyección, así como de la naturaleza del polímero.

El nivel medio de contracción lineal, puede sufrir considerables variaciones y disminuir hasta el 50-60%, cuando existan factores que prevengan la contracción normal dentro del molde. Por ejemplo, un contenedor que se enfría en el positivo del molde, no puede contraer totalmente por lo cual el valor final será inferior al valor medio indicado. Otros factores pueden ser taladros, agujeros, etc.

Estos aspectos deben tenerse en cuenta, cuando se diseña el molde. Las acciones encaminadas a reducir la contracción son:

- Reducir espesor de la pieza
- Aumentar presión de inyección
- Aumentar el tiempo de refrigeración
- Aumentar la velocidad de inyección

- Aumentar el tiempo y presión de mantenimiento
- Reducir temperatura del molde
- Aumentar dimensiones en los puntos de inyección

#### 4.8.- Contracción postmoldeo

Las piezas inyectadas están listas para su uso a las pocas horas después de su desmoldeo.

La contracción postmoldeo no excede del 10-15% del total; pero puede producirse de manera no uniforme como resultado de los gradientes de temperatura entre los distintos puntos de la pieza dando como resultado alabeos y distorsiones.

Para piezas con una alta relación área/ espesor, es útil el uso de un conformador que fije la pieza durante un cierto periodo de tiempo. Debe recordarse que el mantenimiento de la estabilidad dimensional por estos medios incrementa necesariamente las tensiones internas congeladas.

### 5.- CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Las exigencias que debe satisfacer un acero para la construcción de moldes destinados al moldeo por inyección proceden, por una parte de las condiciones impuestas a la pieza terminada, y por otra, de los esfuerzos que se ve sometido el molde. De ello se desprende que los aceros deben poseer las siguientes propiedades:

- Buenas condiciones para su elaboración (facilidad en el mecanizado, facultad de troquelado en frío, templabilidad)
- Resistencia a la compresión, temperatura y abrasión
- Aptitud para el pulido
- Suficiente resistencia a la tracción y tenacidad
- Tratamiento térmico sencillo
- Deformación reducida
- Buena conductibilidad térmica
- Buena resiliencia
- Resistente a los ataques químicos

En la siguiente tabla podemos ver una comparativa de las diferentes propiedades de los aceros más utilizados en la fabricación de moldes.

#### Características principales

	2311 ISO-BM 40CrMnMo7	2312 40CrMnMoS8-6	2316 ISO-B mod. ~X36CrMo17	2343 ISO-B mod. ~X38CrMoV5-1	2711 ISO-B 54NiCrMoV6	2738 ISO-BM 40CrMnNiMo8-6-4	2738mod. TS (HH) 26MnCrNiMo6-5-4	2767 ISO-B X45NiCrMo4
Dureza	●	●	●	●●●	●●	●	●●	●●●
Tenacidad	●	○	●	●	●●	●	●	●●●
Maquinabilidad	●●	●●●	●	●	●●	●●	●●	●●
Capacidad de grabado	●●	○	●	●	●●	●●	●●●	●●
Cromado duro	●	○	●	●	●	●	●	●
Pulible	●	○	●	●●	●●●	●●	●●●	●●●
Resistencia a la corrosión	○	○	●●●	○	○	○	○	○
Temple a la llama	●	○	○	●	●	●	●	○
Conductibilidad térmica	●●	●●	●	●	●●	●●	●●●	●●
Limitación de dimensiones	< 400 mm	No	Sí	No	No	No	No	No

●●● Muy bien  
 ●● bien  
 ● normal  
 ○ inadecuado

En la siguiente tabla comparativa vemos un análisis de los diferentes elementos que lleva cada tipo de acero.

#### Tablas comparativas y análisis

Grupo de aceros y N° de material	DIN	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V
<b>Aceros no aleados</b>										
1730	C45U	0,42–0,50	0,15–0,40	0,60–0,80	≤ 0,030	≤ 0,030	--	--	--	--
<b>Aceros para moldes pretratados</b>										
2311 ISO-BM	40CrMnMo7	0,35–0,45	0,20–0,40	1,30–1,60	≤ 0,035	≤ 0,003	1,80–2,10	0,15–0,25	--	--
2312	40CrMnMoS8-6	0,35–0,45	0,30–0,50	1,40–1,60	≤ 0,030	0,05–0,10	1,80–2,00	0,15–0,25	--	--
2711 ISO-B	54NiCrMoV6	0,50–0,60	0,15–0,35	0,50–0,80	≤ 0,025	≤ 0,003	0,60–0,80	0,25–0,35	1,50–1,80	0,07–0,12
2738 ISO-BM	40CrMnNiMo8-6-4	0,35–0,45	0,20–0,40	1,30–1,60	≤ 0,030	≤ 0,003	1,80–2,10	0,15–0,25	0,90–1,20	--
2738mod. TS	26MnCrNiMo6-5-4	0,26	0,10	1,45	≤ 0,015	0,002	1,25	0,60	1,05	0,12
2738mod. TS(HH)	26MnCrNiMo6-5-4	0,26	0,10	1,45	≤ 0,015	0,002	1,25	0,60	1,05	0,12
<b>Acero de cementación</b>										
2764 ISO-B	X19NiCrMo4	0,16–0,22	0,10–0,40	0,15–0,45	≤ 0,030	≤ 0,003	1,10–1,40	0,15–0,25	3,80–4,30	--
<b>Aceros para temple</b>										
2343 ISO-B mod.	~ X37CrMoV5-1	0,35	0,30	0,40	≤ 0,010	≤ 0,003	5,00	1,35	--	0,50
2379 ISO-B	X153CrMoV12	1,45–1,60	0,10–0,60	0,20–0,60	≤ 0,030	≤ 0,005	11,00–13,00	0,70–1,00	--	0,70–1,00
2767 ISO-B	45NiCrMo16	0,40–0,50	0,10–0,40	0,20–0,50	≤ 0,030	≤ 0,003	1,20–1,50	0,15–0,35	3,80–4,30	--
2842	90MnCrV8	0,85–0,95	0,10–0,40	1,80–2,20	≤ 0,030	≤ 0,030	0,20–0,50	--	--	0,05–0,20
<b>Aceros resistentes a la corrosión</b>										
2083 ISO-B	X40Cr14	0,36–0,42	≤ 1,00	≤ 1,00	≤ 0,030	≤ 0,003	12,50–14,50	--	--	--
2085	X33CrS16	0,28–0,38	≤ 1,00	≤ 1,40	≤ 0,030	0,05–0,10	15,00–17,00	--	≤ 1,00	--
2316 ISO-B mod.	~ X38CrMo16	0,28	0,30	0,95	≤ 0,030	≤ 0,003	14,20	1,10	≤ 0,50	--
<b>Aceros de nitruración</b>										
7735	14CrMoV6-9	0,11–0,17	≤ 0,25	0,80–1,00	≤ 0,020	≤ 0,015	1,25–1,50	0,80–1,00	--	0,20–0,30
8519	31CrMoV9	0,27–0,34	≤ 0,40	0,40–0,70	≤ 0,025	≤ 0,035	2,30–2,70	0,15–0,25	--	0,10–0,20
8550	34CrAlNi7-10	0,30–0,37	≤ 0,40	0,40–0,70	≤ 0,025	≤ 0,035	1,50–1,80	0,15–0,25	0,85–1,15	Al 0,80–1,20

■ Análisis DIN completos con limitaciones

■ Análisis orientativo



El mejor modo de contrarrestar los esfuerzos de tracción, compresión y abrasión, es mediante una elevada dureza. Los mejores resultados de dureza se consiguen con aceros exentos de grietas internas y oclusiones, y que tengan la máxima pureza y uniformidad en su estructura. En la siguiente tabla vemos las características y cualidades de los distintos aceros para la fabricación de moldes y sus posibles aplicaciones.

#### Cualidades y campos de aplicación

Grupo de aceros y N° de material	Denominación DIN	AISI	AFNOR	Características del producto
<b>Aceros no aleados</b>				
1730	C45W	SAE 1045	Y 45	Capa del borde endurecible sólo hasta 55 HRC
<b>Aceros para moldes bonificables</b>				
2311 ISO-BM	40CrMnMo7	~ P 20	40 CMD 8	Acero para moldes, maquinabilidad rentable, buena capacidad de pulido, protegido contra grabados para dimensiones inferiores a 400 mm de grosor, permite cromado duro, temple a la llama y nitruración
2738 ISO-BM	40CrMnNiMo8-6-4	~ P 20 + Ni	40 CMND 8	
2738mod. TS 2738mod. TS (HH)	26MnCrNiMo6-5-4			Las mismas propiedades como en 11 ISO-BM, sin embargo con mejores propiedades de temple incluso con mayores dimensiones
2312	40CrMnMoS8-6	~ P 20 + S	40 CMD 8 S	Acero para moldes pretratado para dimensiones muy grandes, seguro frente a grabado, muy buena capacidad de pulido, buena soldabilidad, buena maquinabilidad, alta conductibilidad térmica
2711 ISO-B	54NiCrMoV6	~ 6 F 2	55 NCDV 7	Acero para moldes de excelente maquinabilidad, no apropiado para fines de pulido, grabado o cromado duro
				Acero para moldes termoresistente y tenaz seguro frente al grabado, muy buena capacidad de pulido, cromado duro, alto grado de pureza por procedimiento ISO-B
<b>Acero cementable</b>				
2764 ISO-B	X19NiCrMo4	P 21	~ 19 NCD 4	Acero de cementación para moldes, mínimas deformaciones, con una dureza de la superficie de 60-62 HRC y dureza del núcleo de 325-415 HB tras Carburación con enfriado por aire, muy buena capacidad de pulido
<b>Aceros para útiles con penetración de temple</b>				
2343 ISO-B mod.	~ X38CrMoV5-1	~ H 11mod.	X36 CrMoV 5	Aceros para trabajos en caliente, alta resistencia al desgaste, dureza hasta 50 HRC, buen nitrurante, también aplicable a moldes de tamaño medio, elevado grado de pureza, buena capacidad de pulido
2379 ISO-B	X153CrMoV12-1	~ D 2	Z 160 CDV 12	Nitrurante tras tratamiento térmico especial
2767 ISO-B	X45NiCrMo4	6 F 7	45 NCD 17 (40 NCD 16)	Autotemplante con alta estabilidad dimensional, muy tenaz, Dureza 50-54 HRC, muy buena capacidad de pulido
2842	90MnCrV8	O 2	90 MV 8	Tratamiento térmico simple, mínima deformación, dureza del borde 58-62 HRC, sin requisitos especiales en la capacidad de pulido
<b>Aceros resistentes a la corrosión</b>				
2083 ISO-B	X42Cr13	420	Z 40 C 14	Acero para moldes resistentes a la corrosión con buena capacidad de pulido, permite un buen pulido buena mecanización, dureza 50-54 HRC
2085	X33CrS16	~ 422 + S	~ Z 33 CS 16	Acero para moldes resistente a la corrosión con muy buenas características de mecanizado
2316 ISO-B mod.	~ X36CrMo17	~ 422	Z 35 CD 17	Acero para moldes con excelente resistencia a la corrosión, capacidad de pulido, también templable hasta 50 HRC
<b>Acero de temple martensítico</b>				
2709	X3NiCoMoTi18-9-5	Maraging 300	Z 2 NKD 18-09	Este acero permite un tratamiento térmico sencillo y sin deformaciones por endurecimiento estructural a 480 °C después del mecanizado, dureza hasta 55 HRC
<b>Aceros nitrurados</b>				
2344 ISO-B	X40CrMo5-1	H 13	Z 40 CDV 5	Acero para trabajos en caliente nitrurable para altas exigencias de desgaste y deformaciones a altas temperaturas
7735	14CrMo6-9		20 CDV 5.07	Acero de nitruración 31CrMoV con alta tenacidad y resistencia térmica, soldable
8519	31CrMo9		32 CDV 12	Acero de nitruración 31CrMoV para procesos con fuerte desgaste
8550	34CrAlNi7		34 CAND 7	Acero de nitruración estándar con aleación de aluminio Dureza de la superficie tras la nitruración aprox. 1000 HV



Uno de los factores decisivos para la elección de los aceros, son los esfuerzos a tracción y compresión que deben resistir en particular los grandes moldes. En la siguiente tabla se expone las durezas necesarias para los diferentes moldes o partes de moldes.

Estado de entrega	Para qué herramientas
normalizado máx. 190 HB	piezas de montaje, bastidores y herramientas de moldes. Prototipos
bonificado a 280-325 HB $\Delta 950 - 1100 \text{ N/mm}^2$ *  bonificado a 280-325 HB $\Delta 950 - 1100 \text{ N/mm}^2$ *  Dureza estándar: 2738mod. TS bonificado a 280-325 HB $\Delta 950 - 1100 \text{ N/mm}^2$  HighHard: 2738 mod. TS (HH) bonificado a 310 - 355 HB $\Delta 1050 - 1200 \text{ N/mm}^2$  bonificado a 280 - 325 HB $\Delta 950 - 1100 \text{ N/mm}^2$ *  recocido a máx. 250 HB bonificado a 280 - 325 HB $\Delta 950 - 1100 \text{ N/mm}^2$ * o a 355 - 415 HB $\Delta 1200 - 1400 \text{ N/mm}^2$ *	Matrices para herramientas de compresión y moldes de inyección inferiores a 400 mm de grosor  Matrices para herramientas de compresión y moldes de inyección, fabricación de chasis de molde para dimensiones iguales o superiores a 400 mm de grosor  Grandes moldes de prensado e inyección de plásticos como: guardabarros, salpicaderos, contenedores de basura, carcasas de televisores  Herramientas de compresión y moldes de inyección con alta mecánica y carga térmica y con requisitos especiales de superficies como una muy buena capacidad de pulido (según prueba especial) y capacidad de cromado duro  Machos para moldes de prensado e inyección de plásticos sin requisitos de superficie y baja carga mecánica reparaciones de moldes, bastidores de moldes de baja carga, prototipos  Herramientas de compresión y moldes de inyección con alta mecánica y carga térmica y con requisitos especiales de superficies como una muy buena capacidad de pulido y capacidad de cromado duro, se recomienda una bonificación en el contorno
recocido máx. 250 HB	Moldes de prensado e inyección de plásticos con altas exigencias a la presión y desgaste superficial
recocido, máx. 230 HB	Moldes para plásticos de altas exigencias, tenaz y resistente a la abrasión
recocido, máx. 255 HB	Para cargas altamente abrasivas y de elevada dureza de 58 hasta 63 HRC
recocido, máx. 260 HB	Para insertos hasta 54 HRC
recocido, máx. 230 HB	
recocido, máx. 230 HB bonificado a petición	Insertos para moldes
bonificado a 265 - 310 HB $\Delta 900 - 1050 \text{ N/mm}^2$ *	Porta-moldes
bonificado a 265-310 HB $\Delta 900 - 1050 \text{ N/mm}^2$ *	Insertos para moldes, boquillas de ranura lineal, matrices de perfiles, herramientas de calibrado, moldes de soplado, herramientas de extrusión
solubilizado, aprox. 300 HB $\Delta 1000 \text{ N/mm}^2$ *	Moldes de inyección con altas exigencias a la presión, insertos parciales, núcleos, expulsores
bonificado a 280 - 325 HB $\Delta 950 - 1100 \text{ N/mm}^2$ *  bonificado a 265 - 310 HB $\Delta 900 - 1050 \text{ N/mm}^2$ *  bonificado a 265 - 310 HB $\Delta 900 - 1050 \text{ N/mm}^2$ *  bonificado a 237 - 297 HB $\Delta 800 - 1000 \text{ N/mm}^2$ *	Útiles de extrusión como el husillo sin fin y cilindros, herramientas de plastificación  Cuando se realicen ensayos de dureza con procedimientos portátiles es necesario tener en cuenta ciertas tolerancias de dispersión.

Aproximadamente el 90% de todos los moldes pueden obtenerse por mecanización. En esta modalidad de fabricación intervienen principalmente trabajos de torno, fresa y pulido.

Estas máquinas tienen que dejar el molde prácticamente acabado, de modo que solo sea necesario un pequeño repaso manual. En la siguiente tabla podemos ver la comparativa de velocidades de corte en los fresados convencionales.

Velocidad de corte ( $V_c$  en  $m/min$ ) para FRESADOS DE DESBASTE<sup>1</sup> y la FRESA FINA<sup>2</sup> en aceros de moldes para

Grupo de aceros y Nº de material	Estado WB y dureza Brinell en HB	Fresados de desbaste					
		HSS		Metal duro sin revestimiento <sup>3</sup>		Metal duro revestido <sup>3</sup>	
				P25	P25	P25	P35
Condiciones de fresado		+	-	+	-	+	-
Aceros pretratados							
2311 ISO-BM	bonificado	•	•	••	••	170	140
	280 - 325			(130)	(110)		
2312	280 - 325	•	•	••	••	180	150
				(140)	(120)		
2711 ISO-BM	280 - 415	•	•	••	••	140	100
				(85)	(75)		
2738 mod. TS(HH)	310 - 355	•	•	(100)	(85)	150	120
				••	••	(120)	(100)
Aceros de herramientas para temple							
2343 ISO-B mod.	recocido	•	•	••	••	130	110
	máx. 229			(100)	(85)		
2344 ISO-B	máx. 229	•	•	••	••	130	110
				(100)	(85)		
2379 ISO-B	máx. 255	•	•	••	••	110	85
				(75)	(65)		
2767 ISO-B	máx. 262	•	•	••	••	130	110
				(100)	(85)		
2842	máx. 229	•	•	••	••	120	95
				(85)	(75)		
Aceros resistentes a la corrosión							
2316 ISO-B mod.	bonificado	•	•	•	•	120	110
	265 - 310						
Aceros de cementación							
2764 ISO-B	recocido	•	•	••	••	200	170
	máx. 255			(150)	(130)		
Acero no aleado							
1730	normalizado	•	•	••	••	200	160
	máx. 190			(150)	(130)		

Con diámetros de herramienta > 70 mm la velocidad de corte se reducirá en un factor de 0,7

<sup>1</sup> Válido para fresado de desbaste: Avance por diente ( $f_z$ ) = 0,1 - 0,3 mm Relación entre el ancho de vía de fresado y el diámetro

<sup>2</sup> Válido para fresado fino: Avance por diente ( $f_z$ ) = 0,03 - 0,3 mm Relación entre ancho de fresado y diámetro de herramienta = 1/10

## 5.1.- Aceros improntas

- 2311 (IMPAX). Se trata de un material pretratado, cuya resistencia oscila  $105/110\text{kg/mm}^2$ . Se usa para moldes prototipos o moldes de poca tirada, ya que no contempla ser templado. Buen pulido.

SEL	40CrMnMo7	<b>Análisis químico</b> (proporción de masas en %)
DIN EN ISO 4957	40CrMnMo7	
AFNOR	40CMD8	
AISI	~P20	
BS	~P20	

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
Valores indicativos	0,38	0,30	1,50	0,020	0,003	2,00	0,20
Análisis DIN	0,35–	0,20–	1,30–	≤	≤	1,80–	0,15–
	0,45	0,40	1,60	0,035	0,035	2,10	0,25

- 2711 (PKT). Igual que el 2311 pero con resistencia  $120/140\text{ kg/mm}^2$ . Se usa para moldes muy grandes. Buen pulido.

SEL	54NiCrMoV6	<div><div>Análisis químico (proporción de masas en %)</div><table><tr><th></th><th>C</th><th>Si</th><th>Mn</th><th>P</th><th>S</th><th>Cr</th><th>Ni</th><th>Mo</th><th>V</th></tr><tr><td>Valores indicativos</td><td>0,52</td><td>0,20</td><td>0,70</td><td>0,020</td><td>0,002</td><td>0,75</td><td>1,75</td><td>0,30</td><td>0,10</td></tr><tr><td>Análisis DIN</td><td>0,50– 0,60</td><td>0,15– 0,35</td><td>0,50– 0,80</td><td>≤ 0,025</td><td>≤ 0,025</td><td>0,60– 0,80</td><td>1,50– 1,80</td><td>0,25– 0,35</td><td>0,07– 0,12</td></tr></table></div>		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Valores indicativos	0,52	0,20	0,70	0,020	0,002	0,75	1,75	0,30	0,10	Análisis DIN	0,50– 0,60	0,15– 0,35	0,50– 0,80	≤ 0,025	≤ 0,025	0,60– 0,80	1,50– 1,80	0,25– 0,35	0,07– 0,12
	C		Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V																						
Valores indicativos	0,52		0,20	0,70	0,020	0,002	0,75	1,75	0,30	0,10																						
Análisis DIN	0,50– 0,60		0,15– 0,35	0,50– 0,80	≤ 0,025	≤ 0,025	0,60– 0,80	1,50– 1,80	0,25– 0,35	0,07– 0,12																						
DIN EN ISO 4957	54NiCrMoV6																															
AFNOR	55NCDV7																															
AISI	~6F2																															
BS	~BH224																															

- 2316 (RAMAX). Igual que el 2311, resistencia igual  $105/110\text{kg/mm}^2$ , pero este material es inoxidable. Se usa para moldes de poca tirada y cuyo material sea muy corrosivo por oxidación.

SEL	~X38CrMo16	<b>Análisis químico</b> (proporción de masas en %)							
DIN EN ISO 4957	~X38CrMo16	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
AFNOR	Z35CD17	Valores							
AISI	~422	indicativos	0,28	0,30	0,95	0,030	0,003	14,2	~0,50
BS		Análisis DIN	0,33–	≤	≤	≤	≤	15,5–	≤
			0,45	1,00	1,50	0,030	0,030	17,5	1,00
									1,30

- 2344 (ORVAR). Se usa para la mayoría de moldes de gran tirada. Su dureza tras temple 50:52 HRC y hay que remecanizarlo pues se deforma en el temple.

SEL	~X37CrMoV5-1	<b>Análisis químico</b> (proporción de masas en %)							
DIN EN ISO 4957	~X37CrMoV5-1	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
AFNOR	X36CrMoV5	Valores							
AISI	H11mod.	0,35	0,30	0,40	0,010	0,003	5,00	1,35	0,50
BS	~BH11	0,33–	0,80–	0,25–	≤	≤	4,80–	1,10–	0,30–
		0,41	1,20	0,50	0,030	0,030	5,50	1,50	0,50

- 2083 (STAVAX). Es idéntico en prestaciones y utilidad al Orvar, pero es inoxidable. Su uso suele ser para moldes de gran tirada, y cuyo material a inyectar sea corrosivo por oxidación.
- Cobre berilio (MOLD-MAX). Es un material mezcla de cobre y bronce aluminio, cuya resistencia es  $140 \text{ kg/mm}^2$  que disipa muy bien el calor. Se usa para postizos de difícil acceso en refrigeración.

## 5.2.- Aceros mecanismos

Estos aceros generalmente son aceros denominados de trabajo en frío, pues su utilidad es más mecánica y no están nunca en contacto con la pieza de plástico dentro del molde. Como por ejemplo columnas y casquillos comerciales, que son los que están disponibles en el mercado y están normalizados.

Suelen ser de acero de cementación (7264), con un tratamiento de cementación de una capa de  $0,6\text{-}1 \text{ mm}^2$ , y una dureza de 60:62 HRC.

Actualmente los casquillos están llevando una reconversión al construirlos de bronce aluminio con grafito, pues así se evita el mantenimiento.

## 5.3.- Aceros para sufrideras, correderas y guías de correderas

Suelen ser de acero 2711 con un tratamiento de temple y revenido 58:60 HRC. En guías de correderas y correderas se suele dar un tratamiento posterior al temple, llamado Nitro-back, que es una nitruración hecha al vacío y que hace que evite “gripazos” que son frecuentes con el continuo deslizamiento.

## 5.4.- Aceros bebederos

Son de 2344 (ORVAR) con un tratamiento de temple revenido 50:52 HRC. Este elemento es muy variable, dependiendo del tamaño y calidad de las piezas a inyectar. El cono será mayor o menor, así como se le puede aplicar refrigeración, aceite caliente o nada dependiendo del material a inyectar.

## 5.5.- Aceros bastidor o portamoldes

Suelen ser aceros de trabajo en caliente pretratados y que soportan bien el calor, como por ejemplo 2311 ó 2312.

- Placas base: 1730 ó 2312
- Regles: 1730 ó 2312
- Expulsoras: 2344 ó 2312
- Placa porta improntas: 2312 ó 2311

- Placa sufridera: 2312 ó 2311

SEL	40CrMnMoS8-6	<b>Análisis químico</b> (proporción de masas en %)																														
DIN EN ISO 4957	40CrMnMoS8-6																															
AFNOR	40CMD8S																															
AISI	~P20 + S																															
BS	~P20 + S																															
		<table><tr><th></th><th>C</th><th>Si</th><th>Mn</th><th>P</th><th>S</th><th>Cr</th><th>Mo</th></tr><tr><td>Valores indicativos</td><td>0,38</td><td>0,30</td><td>1,50</td><td>0,020</td><td>0,070</td><td>2,00</td><td>0,20</td></tr><tr><td>Análisis DIN</td><td>0,35– 0,45</td><td>0,30– 0,50</td><td>1,40– 1,60</td><td>≤ 0,030</td><td>0,050– 0,100</td><td>1,80– 2,00</td><td>0,15– 0,25</td></tr></table>								C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Valores indicativos	0,38	0,30	1,50	0,020	0,070	2,00	0,20	Análisis DIN	0,35– 0,45	0,30– 0,50	1,40– 1,60	≤ 0,030	0,050– 0,100	1,80– 2,00	0,15– 0,25
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo																									
Valores indicativos	0,38	0,30	1,50	0,020	0,070	2,00	0,20																									
Análisis DIN	0,35– 0,45	0,30– 0,50	1,40– 1,60	≤ 0,030	0,050– 0,100	1,80– 2,00	0,15– 0,25																									

En las placas base, regles y expulsión puede ser 1730 (F114), con el único fin de abaratar costes, siendo el resultado por lo general el mismo.

## 6.- FABRICACIÓN DEL MOLDE

### 6.1.- Fabricación de las diferentes piezas

#### 6.1.1.- Introducción

Una vez ya diseñado el molde nos procederemos a su fabricación. Para ello partiremos de unos tochos de metal correspondiente para cada pieza, y con ayuda de las maquinas apropiadas, fresadoras, tornos, máquina de electroerosión, etc, iremos mecanizando y conformando cada elemento del molde para su posterior montaje.

#### 6.1.2.- Máquinas para el conformado de las piezas

##### 6.1.2.1.- Tipos de procesos de fabricación

##### Mecanizado

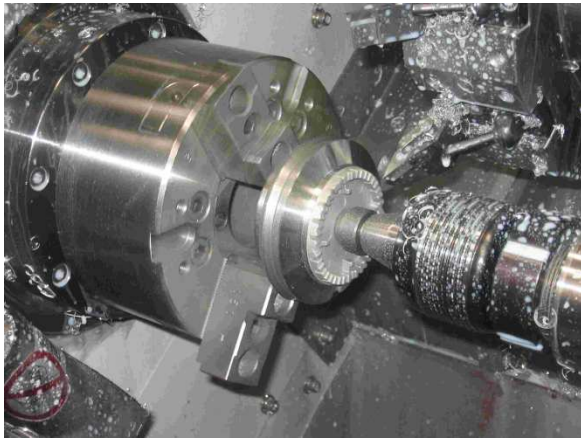
El mecanizado, es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión.

Se realiza a partir de productos semielaborados como lingotes, tochos u otras piezas previamente conformadas por otros procesos como moldeo o forja. Los productos obtenidos pueden ser finales o semielaborados que requieran operaciones posteriores.



## Mecanizado por arranque de viruta

El material es arrancado o cortado con una herramienta dando lugar a un desperdicio o viruta. La herramienta consta, generalmente, de uno o varios filos o cuchillas que separan la



viruta de la pieza en cada pasada. En el mecanizado por arranque de viruta se dan procesos de desbaste (eliminación de mucho material con poca precisión; proceso intermedio) y de acabado (eliminación de poco material con mucha precisión; proceso final). Sin embargo, tiene una limitación física: no se puede eliminar todo el material que se quiera porque llega un momento en que el esfuerzo para apretar la herramienta contra la pieza es tan liviano que la herramienta no penetra y no se llega a extraer viruta.

## Mecanizado por abrasión



La abrasión es la eliminación de material desgastando la pieza en pequeñas cantidades, desprendiendo partículas de material, en muchos casos, incandescente. Este proceso se realiza por la acción de una herramienta característica, la muela abrasiva. En este caso, la herramienta (muela) está formada por partículas de material abrasivo muy duro unidas por un aglutinante. Esta forma de eliminar material rayando la superficie de la pieza, necesita menos fuerza para eliminar material apretando la herramienta contra la pieza, por lo que permite que se puedan

dar pasadas de mucho menor espesor. La precisión que se puede obtener por abrasión y el acabado superficial puede ser muy bueno, pero los tiempos productivos son muy prolongados.

## Mecanizado sin arranque de viruta

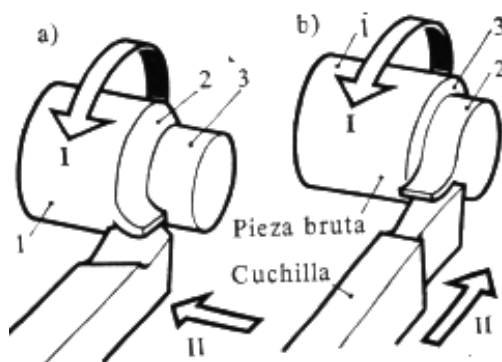
Todas las piezas metálicas, excepto las fundidas, en algún momento de su fabricación han estado sometidas a una operación al menos de conformado de metales, y con frecuencia se necesitan varias operaciones diferentes. Así, el acero que se utiliza en la fabricación de tubos para la construcción de sillas se forja, se lamina en caliente varias veces, se lamina en frío hasta transformarlo en chapa, se corta en tiras, se le da en frío la forma tubular, se suelda, se mecaniza en soldadura y, a veces, también se estira en frío. Esto, aparte de todos los tratamientos subsidiarios. La teoría del conformado de metales puede ayudar a determinar la forma de utilizar las máquinas de la manera más eficiente posible, así como a mejorar la productividad.



## Movimientos de corte

MOVIMIENTOS EJECUTADOS POR EL TORNO Y SUPERFICIES EN LA PIEZA DE TRABAJO:

a — torneado exterior; b — al refrentar y tronzar;  
1 — superficie de trabajo; 2 — superficie de corte;  
3 — superficie trabajada; I — movimiento principal; II — movimiento de avance



En el proceso de mecanizado por arranque de material intervienen dos movimientos, el movimiento de corte, por el cual la herramienta corta el material, y el movimiento de avance, por el cual la herramienta encuentra nuevo material para cortar. Cada uno de estos dos movimientos lo puede tener la pieza o la herramienta según el tipo de mecanizado.

## Mecanizado manual

Es el realizado por una persona con herramientas exclusivamente manuales: sierra, lima, cincel, buril; en estos casos el operario maquina la pieza utilizando alguna de estas herramientas, empleando para ello su destreza y fuerza.

### 6.1.2.2.- Máquina herramienta

La máquina herramienta es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a materiales sólidos, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias. El moldeado de la pieza se realiza por la eliminación de una parte del material, que se puede realizar por arranque de viruta, por estampado, corte o electroerosión.

El término máquina herramienta se suele reservar para herramientas que utilizan una fuente de energía distinta del movimiento humano, pero también pueden ser movidas por personas si se instalan adecuadamente o cuando no hay otra fuente de energía. Muchos historiadores de la tecnología consideran que las auténticas máquinas herramienta nacieron cuando se eliminó la actuación directa del hombre en el proceso de dar forma o troquelar los distintos tipos de herramientas. Por ejemplo, se considera que el primer torno que se puede considerar máquina herramienta fue el inventado alrededor de 1751 por Jacques de Vaucanson, puesto que fue el primero que incorporó el instrumento de corte en una cabeza ajustable mecánicamente, quitándolo de las manos del operario.

Las máquinas herramienta pueden utilizar una gran variedad de fuentes de energía. La energía humana y la animal son opciones posibles, como lo es la energía obtenida a través del uso de ruedas hidráulicas. Sin embargo, el desarrollo real de las máquinas herramienta comenzó tras la invención de la máquina de vapor, que llevó a la Revolución Industrial. Hoy en día, la mayor parte de ellas funcionan con energía eléctrica.

Las máquinas-herramienta pueden operarse manualmente o mediante control automático. Las primeras máquinas utilizaban volantes para estabilizar su movimiento y poseían sistemas complejos de engranajes y palancas para controlar la máquina y las piezas en que trabajaba. Poco después de la Segunda Guerra Mundial se desarrollaron los sistemas de control numérico. Las máquinas de control numérico utilizaban una serie de números perforados en una cinta de papel o tarjetas perforadas para controlar su movimiento. En los años 1960 se añadieron computadoras para aumentar la flexibilidad del proceso. Tales máquinas se comenzaron a llamar máquinas CNC, o máquinas de Control Numérico por Computadora. Las máquinas de control numérico y CNC pueden repetir secuencias una y otra vez con precisión, y pueden producir piezas mucho más complejas que las que pueda hacer el operario más experimentado.

### Tipos de máquina herramienta

Por la forma de trabajar las máquinas herramientas se pueden clasificar en tres tipos;

- **De desbaste o desbastadoras**, que dan forma a la pieza por arranque de viruta.
- **Prensas**, que dan forma las piezas mediante el corte, el prensado o el estirado.
- **Especiales**, que dan forma a la pieza mediante técnicas diferentes, láser, electroerosión, ultrasonidos, plasma...

### Convencionales

Entre las máquinas convencionales tenemos las siguientes máquinas básicas:

- Torno, es una de las máquinas más antiguas y trabaja mediante el arranque de material mediante una herramienta cortante y brocas. Para ello la pieza gira y mediante un carro en el que se sitúa la herramienta se va desgastando la pieza obteniendo partes cilíndricas y cónicas. Si se coloca una broca en la colocación correspondiente, se pueden realizar agujeros.



Hay varios tipos de tornos: los paralelos, que son los convencionales; los de control numérico, que están controlados por un sistema electrónico programable; los de levas, en que el control se realiza mediante unas levas, éstos también son llamados de decoletaje; los tornos

revólver, que poseen una torreta que gira, el revólver, en la cual se sitúan los diferentes útiles de trabajo.

- Taladros, destinados a perforación, estas máquinas herramientas son, junto con los tornos, las más antiguas. En ellas el útil es el que gira y la pieza permanece fija a una mordaza o colocación. El útil suele ser normalmente, en los taladros, una broca que, debidamente afilada, realiza el agujero correspondiente. También se pueden realizar otras operaciones con diferentes útiles, como avellanar y escariar.



Un tipo especial de taladradoras son las punteadoras que trabajan con pequeñas muelas de esmeril u otro material. Son utilizadas para operaciones de gran precisión y sus velocidades de giro suelen ser muy elevadas.

- Fresadora, con la finalidad de la obtención de superficies lisas o de una forma



concreta, las fresadoras son máquinas complejas en las que es el útil el que gira y la pieza la que permanece fija a una bancada móvil. El útil utilizado es la fresa, que suele ser redonda con diferentes filos cuya forma coincide con la que se quiere dar a la pieza a trabajar. La pieza se coloca sólidamente fijada a un carro que la acerca a la fresa en las tres direcciones, esto es en los ejes X, Y y Z.

Con diferentes útiles y otros accesorios, como el divisor, se pueden realizar multitud de trabajos y formas diferentes.



- Pulidora, trabaja con un disco abrasivo que va comiendo el material de la pieza a trabajar. Se suele utilizar para los acabados de precisión por la posibilidad del control muy preciso de la abrasión. Normalmente no se ejerce presión mecánica sobre la pieza.

### De vaivén

- Perfiladora, se usa para la obtención de superficies lisas. La pieza permanece fija y el útil, que suele ser una cuchilla, tiene un movimiento de vaivén que en cada ida come un poco a la pieza a trabajar.



- Cepilladora, al contrario de la perfiladora, en la cepilladora es la pieza la que se mueve. Permite realizar superficies lisas y diferentes cortes. Se pueden poner varios útiles a la vez para que trabajen simultáneamente.



- Sierras, son de varios tipos, de vaivén, circulares o de banda. Es la hoja de corte la que gira o se mueve y la pieza la que acerca a la misma.



## Prensas



No realizan arranque de viruta, dan forma al material mediante el corte o cizalla, el golpe para el doblado y la presión. Suelen utilizar troqueles y matrices como útiles. Los procesos son muy rápidos y son máquinas de alto riesgo de accidente laboral.



## No convencionales

- Electroerosión, las máquinas de electroerosión desgastan el material mediante chispas eléctricas que van fundiendo partes minúsculas del mismo. Hay dos tipos de máquinas de electroerosión, las de electrodos, que realizan agujeros de la forma del electrodo o bien desgaste superficiales con la forma inversa de la que tiene el electrodo, hace grabaciones y las de hilo que, mediante la utilización de un hilo conductor del que saltan las chispas que desgastan el material, van cortando las pieza según convenga. En ambos casos durante todo el proceso, tanto el útil como la pieza están inmersos en un líquido no conductor.



- Arco de plasma, se utiliza un chorro de gas a gran temperatura y presión para el corte del material.



- Láser, en este caso es un potente y preciso rayo láser el que realiza el corte vaporizando el material a eliminar.



- Ultrasónica, haciendo vibrar un útil a velocidades ultrasónicas, por encima de los 20.000 Hz y utilizando un material abrasivo y agua se van realizando el mecanizado de la pieza por la fricción de las partículas abrasivas. Se usa para trabajar materiales muy duros como el vidrio y el diamante y las aleaciones de carburos.

## Útiles y fluidos para el corte



Los útiles utilizados en las máquinas herramientas tienen una importancia capital para el buen resultado del proceso a realizar. La calidad del material con el que están contruidos así como el preparado muy afilado de los mismos son factores determinantes para la precisión buscada y la duración del propio útil.

Una cuestión en extremo importante es la refrigeración de la operación. Para ello es necesario el prever de un mecanismo que se encargue de refrigerar la zona de fricción. Esto se realiza con el fluido llamado taladrina que es una mezcla de aceite y agua.

### 6.1.3.- Fabricación de las diferentes piezas del molde

#### 6.1.3.1.- Fabricación de electrodos y electroerosión

##### ¿Qué es un electrodo?

El electrodo es comúnmente hecho de grafito pues este, por tener una elevada temperatura de vaporización, es más resistente al desgaste. Puede ser trabajado en una fresadora específica con el fin de crear ya sea un electrodo macho o un electrodo hembra, lo que significa que el electrodo tendrá la forma opuesta a la forma deseada y resultante en la pieza de trabajo.

Es buena práctica tener un electrodo de erosión en bruto y uno que consuma en forma fina y final, mas esto puede ser determinado por las dimensiones y características de la pieza a ser lograda.

Los electrodos pueden ser manufacturados en forma que múltiples formas pertenezcan al mismo pedazo de grafito.

También el cobre es un material predilecto para la fabricación de electrodos precisos, por su característica conductividad, aunque por ser un metal suave su desgaste es más rápido. El electrodo de cobre es ideal para la elaboración de hoyos o agujeros redondos y profundos. Comúnmente estos electrodos se encuentran de diámetros con tamaños milimétricos en incrementos de medio milímetro y longitudes variadas. Este proceso en particular es muy utilizado para antes del proceso de electroerosión con hilo, para producir el agujero inicial donde pase el hilo a través de un grosor de material que es inconveniente al taladro convencional. Si deseamos un buen acabado en el objeto a erosionar, sea cual sea el material en que se construya el electrodo este debe ser repasado a mano después ser mecanizado en la fresadora o torno debido a las marcas que las herramientas de corte utilizadas en estas maquinas producen pequeñas marcas en los electrodos.



### Ventajas del proceso de electroerosión con electrodo de forma

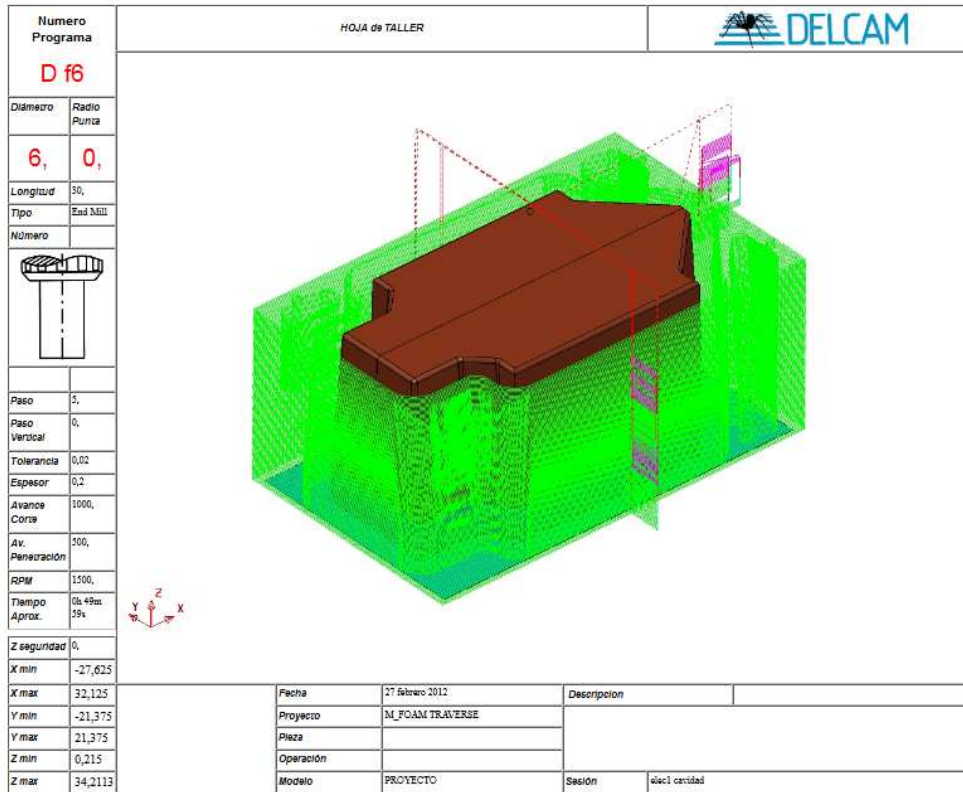
- Al no generar fuerzas de corte como en los procesos de mecanizado, el torneado y el taladrado, resulta aplicable para materiales frágiles.
- Se pueden producir agujeros muy inclinados en superficies curvas sin problemas de deslizamiento. Así como de elevada relación de aspecto (cociente entre la longitud y el diámetro), es decir, con pequeño diámetro y gran profundidad imposibles con un taladro convencional.
- Al ser un proceso esencialmente térmico, se puede trabajar cualquier material mientras sea conductor
- Las tolerancias que se pueden obtener son muy ajustadas, desde  $\pm 0,025$  hasta  $\pm 0,127$  mm.
- Es un proceso de fabricación único para lograr complejas configuraciones que son imposibles de otra forma.
- Ahorran en ocasiones la realización de un acabado rugoso en la pieza por medio de ataques de ácido, pasándose a denominar "Acabado de Electroerosión". No es un acabado quizás tan perfecto como el que se obtendría con el ataque de ácido pero por costes y plazos resulta satisfactorio en la mayoría de las ocasiones.

### Inconvenientes en el proceso de electroerosión con electrodo de forma

- Tras el proceso suele quedar una capa superficial de metal fundido, frágil y de extremada dureza, que debe eliminarse en aquellas piezas que requieran resistencia a la fatiga. Tiene más resistencia a la fatiga una pieza acabada por arranque de viruta (fresadora, torno, planificadora...) que una pieza acabada por penetración eléctrica (electroerosión).
- El grafito es un material frágil, por lo que la manipulación de los electrodos debe ser muy cuidadosa.
- Los electrodos, generalmente, requieren ser manufacturados, por ejemplo, mecanizados en una fresadora que sirva para trabajar grafito.
- La rugosidad que deja en la superficie puede ser muy elevada en función del tipo de aplicación y la reducción de ésta utilizando intensidades menores requiere mucho tiempo y en ocasiones se pueden producir defectos indeseados como formación de carbonillas o manchas.
- El acabado superficial rugoso no es perfecto resultando más rugoso sobre las caras planas que sobre las paredes verticales por efecto de las chispas esporádicas que se producen al evacuar los restos de material.

## Proceso de fabricación del electrodo

1.- Empezamos en la mesa de diseño. Por medio del programa DELCAM, se diseña el electrodo. Este programa hace un “negativo” de la cavidad que hay que mecanizar, dibujando en 3 dimensiones el electrodo. También calcula todo el programa de control numérico para su fabricación en una fresadora de CNC. Consiguiendo así un “negativo” perfecto de la cavidad que se quiere conseguir.



En la imagen vemos una hoja de taller para una fabricación de un electrodo de este molde. Como se puede apreciar a la izquierda, aparece todo tipo de datos necesarios para su fabricación, tolerancia, avance de corte, etc.



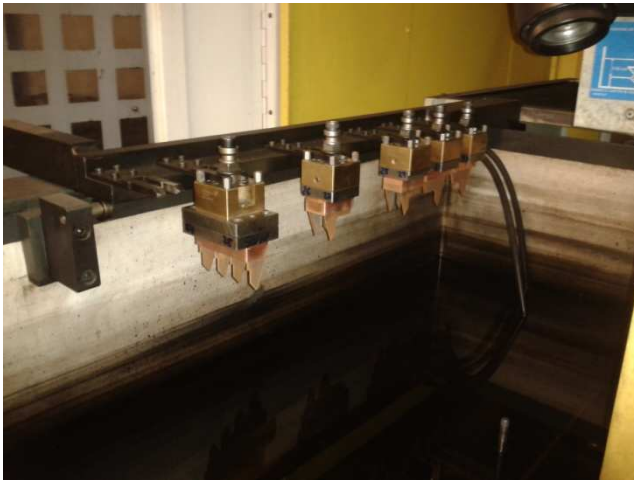
2.- Ya en la fresadora de CNC nos disponemos a mecanizar el electrodo, partiendo de una pieza en bruto de cobre o grafito. Metemos el programa de mecanizado de CNC que nos ha hecho DELCAM, y con la herramienta adecuada lo mecanizamos.



3.- Se agujerean dos agujeros de 8 mm de diámetro y métrica 10 a una distancia normalizada entre ellos. Estos agujeros roscados son para insertar en el electrodo unos cilindros metálicos, tal y como se ve en la foto de la derecha.



4.- Estos cilindros del electrodo se meten en la base de mecanizado, que es la base que se ve en la foto adjunta. Esta es la base que amarrará en la máquina de electroerosión, consiguiendo así que el electrodo quede perfectamente centrado, con respecto al eje de la máquina de electroerosión.



5.- Los electrodos ya acabados se montan en la máquina de electroerosión.

En la foto vemos la máquina de electroerosión con unos cuantos electrodos cargados para su uso.

#### 6.1.3.2.- Placa macho (parte móvil)



La placa macho es la placa que en el molde se mueve, por eso está en la parte móvil. Está fabricada en acero 2711.

Esta placa es en donde van alojados los postizos, que son unas placas figura que dan la geometría de la pieza a inyectar. En este molde, dado que la pieza a inyectar es grande, no lleva postizos, haciéndose todo en la misma placa móvil.

*En la foto vemos parte del mecanizado, exactamente en la parte de taladrado de las refrigeraciones del molde.*

Su fabricación consta principalmente de dos pasos, mecanizado en fresadora y electroerosión. En la fresadora de control numérico, se mecaniza por arranque de viruta.

Los pasos de su fabricación son los siguientes:

1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se escuadrea en una fresadora. Dejando en la altura de la pieza 0,4 mm de demasía para rectificar.

2- Se taladran los agujeros para las columnas y las columnas guías de correderas. Se taladran a un diámetro más pequeño que el correcto, que se harán más adelante.



3.- Se desbasta las cavidades interiores y la figura de la placa, todo ello guiado por control numérico, CNC. Dejando entre 0,4 y 0,8 mm de demasía.

4.- Se rectifica la placa en la rectificadora.

*En la foto, vemos la pieza tal y como sale de la fresadora, lista para entrar en la máquina de electroerosión.*

5.- De vuelta a la fresadora se terminan las columnas y columnas guías, dejando la medida dentro de tolerancia según plano.

6.- Se terminan las cavidades y la figura de la pieza de inyección final dejando todas las medidas dentro de las tolerancias según plano.

7.- En una fresadora, con el cabezal hure girado 90°, se terminan los laterales de la placa con sus correspondientes refrigeraciones y agujeros roscados para cáncamos.

8.- En la roscadora se roscan todos los agujeros que lleven rosca según norma ISO.

9.- En la máquina de electroerosión se gravan con su correspondiente electrodo las zonas que no se han terminado de fresadora, como por ejemplo zonas de difícil acceso para una herramienta convencional de arranque de viruta, o zonas de difícil geometría.

10.- La placa está terminada para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa.





*En la foto vemos la pieza en pleno proceso de electroerosión*

### 6.1.3.3.- Placa cavidad (parte fija)

La placa cavidad es la placa figura que está en la parte fija del molde. Está fabricada en acero 2711.

Su fabricación es prácticamente igual a la placa macho, y junto con esta son las placas más complicadas de fabricar. Consta principalmente de dos pasos, mecanizado en fresadora y electroerosión. En la fresadora de control numérico, se mecaniza por arranque de viruta.

Los pasos de su fabricación son los siguientes:

1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se escuadrea en una fresadora. Dejando en la altura de la pieza 0,4 mm de demasía para rectificar.

2- Se taladran los agujeros para las columnas guía. Se taladran a un diámetro más pequeño que el correcto, que se harán más adelante.



3.- Se desbasta la cavidad interior y la figura de la placa, todo ello guiado por control numérico, CNC. Dejando entre 0,4 y 0,8 mm de demasía.

4.- Se rectifica la placa en la rectificadora.

5.- De vuelta a la fresadora se terminan las columnas y columnas guías, dejando la medida dentro de tolerancia según plano.

6.- Se terminan las cavidades y la figura de la pieza de inyección final dejando todas las medidas dentro de las tolerancias según plano.

- 7.- En una fresadora, con el cabezal hure girado 90°, se terminan los laterales de la placa con sus correspondientes refrigeraciones y agujeros roscados para cáncamos.
- 8.- En la roscadora se roscan todos los agujeros que lleven rosca según norma ISO.
- 9.- En la máquina de electroerosión se gravan con su correspondiente electrodo las zonas que no se han terminado de fresadora, como por ejemplo zonas de difícil acceso para una herramienta convencional de arranque de viruta, o zonas de difícil geometría.
- 10.- La placa está terminada para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa.

#### 6.1.3.4.- Corredera 1

Esta corredera representa un lateral de la pieza inyectada. Está posicionada en la parte móvil del molde. Como está en contacto con la pieza se fabrica en acero 2711.

Su fabricación consta principalmente de dos pasos, mecanizado en fresadora y electroerosión. En la fresadora de control numérico, se mecaniza por arranque de viruta.

Los pasos de su fabricación son los siguientes:

- 1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se escuadrea en una fresadora. Dejando en la altura de la pieza 0,4 mm de demasía para rectificar.



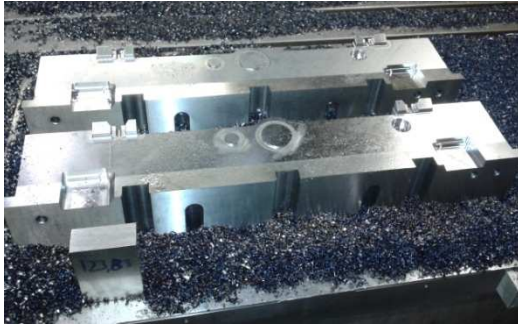
- 2.- Se desbasta el contorno y la parte de la figura, todo ello guiado por control numérico, CNC. Dejando entre 0,4 y 0,8 mm de demasía.

- 3.- Se taladran los agujeros para las guías de la corredera. Se taladran a un diámetro más pequeño que el correcto, que se harán más adelante.

- 4.- Se rectifica la pieza en la rectificadora.

- 5.- De vuelta a la fresadora se terminan los agujeros de las guías, dejando la medida dentro de tolerancia según plano.





6.- Se termina el contorno y la parte de la figura dejando todas las medidas dentro de las tolerancias según plano.

7.- En la roscadora se roscan todos los agujeros que lleven rosca según norma ISO.

8.- En la máquina de electroerosión se gravan con su correspondiente electrodo las zonas que no se han terminado de fresadora, como por ejemplo zonas de difícil acceso para una herramienta convencional de arranque de viruta, o zonas de difícil geometría.

9.- La placa está terminada para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa.

#### 6.1.3.5.- Placa expulsora, placa sufridera expulsión, placas base y placa porta cámara

La fabricación de todas estas piezas es exactamente igual. Toda su fabricación se hará en la fresadora y rectificadora. En todas ellas se utilizará acero 1730.

1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se escuadrea en una fresadora. Dejando en la altura de la pieza 0,4 mm de demasía para rectificar.

2.- Se desbasta el contorno, todo ello guiado por control numérico, CNC. Dejando entre 0,4 y 0,8 mm de demasía.



3.- Se taladran los agujeros que lleven a un diámetro más pequeño que el correcto, que se harán más adelante.

*En la foto vemos el taladrado de la placa expulsora.*

4.- Se rectifica la pieza en la rectificadora, dejando la parte exterior a medida según plano.

5.- De vuelta a la fresadora se terminan los agujeros, dejando la medida dentro de tolerancia según plano.

6.- En la roscadora se roscan todos los agujeros que lleven rosca según norma ISO.

7.- La placa está terminada para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa.

### 6.1.3.6.- Placa aislante

Debido al material de esta placa, fibra de vidrio aislante, toda su fabricación se hará en la fresadora.

- 1.- Partimos de una lámina de 10 mm de fibra de vidrio aislante y la dejamos a la medida correspondiente.
- 2.- Se taladran los agujeros que lleve esta placa.
- 3.- La placa está terminada para un posterior montaje.

### 6.1.3.7.- Chaveta molde, tapas cilindros y pletina fin de carrera

La fabricación de todas estas piezas es exactamente igual. Toda su fabricación se hará en la fresadora. En todas ellas se utilizará acero 1730.

- 1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se escuadrea en una fresadora.



- 2.- Se taladran los agujeros que lleven a su medida correspondiente.
- 3.- Se mecaniza todo su contorno dejándola según plano
- 4.- En la roscadora se roscan todos los agujeros que lleven rosca según norma ISO.

*En la foto, las tapas cilindros ya acabadas.*

- 5.- La placa está terminada para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa.

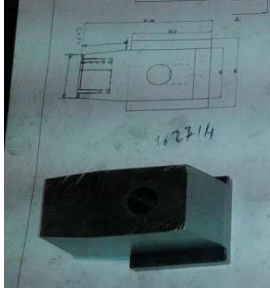
### 6.1.3.8.- Correderas 2, 3 e hidráulica

Estas son piezas que están en contacto con la pieza inyectada, con lo que se fabricaran en acero 2711.

Por su complejidad su proceso consta principalmente de dos pasos, mecanizado en fresadora y electroerosión. En la fresadora de control numérico, se mecaniza por arranque de viruta.

Los pasos de su fabricación son los siguientes:

1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se escuadrea en una fresadora. Dejando en la altura de la pieza 0,4 mm de demasía para rectificar.



2- Se taladran los agujeros para las columnas guía. Se taladran a un diámetro más pequeño que el correcto, que se harán más adelante.

3.- Se mecaniza todo dejándolo según plano.

*En la foto corredera 2.*

4.- Se terminan los agujeros para las columnas guías, dejando la medida dentro de tolerancia según plano.

5.- En la máquina de electroerosión se gravan con su correspondiente electrodo las zonas que no se han terminado de fresadora, como por ejemplo zonas de difícil acceso para una herramienta convencional de arranque de viruta, o zonas de difícil geometría.

6.- Las piezas están terminadas para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa

#### 6.1.3.9.- Guías deslizaderas de las correderas

Estas son las piezas por las que deslizan las correderas, son piezas que sufren bastante con lo que se fabricarán en acero 2311. Se mecanizarán en la fresadora, después se les hará un tratamiento de nitrurado

Los pasos de su fabricación son los siguientes:

1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se escuadrea en una fresadora. Dejando en la altura de la pieza 0,4 mm de demasía para rectificar.



2- Se taladran los agujeros para las guías de las correderas. Se taladran a un diámetro más pequeño que el correcto, que se harán más adelante.

3.- Se mecaniza todo dejándolo según plano.

*En la foto guías deslizaderas de las correderas 2 y 3.*

4.- Se terminan los agujeros para las guías, dejando la medida dentro de tolerancia según plano.

5.- Se les da un tratamiento superficial de nitrurado.

6.- Las piezas están terminadas para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa

#### 6.1.3.10.- Cuñas movimiento 2 y 3

Estas piezas forman parte de las correderas, pero están amarradas a la parte fija del molde. Por estas también pasa la columna guía que mueve la corredera, de esta forma al desplazarse una mitad del molde con respecto a la otra, se produce el movimiento de las correderas.

Son piezas que sufren bastante con lo que se fabricarán en acero 2311, y después se les hará un tratamiento de nitrurado. Se mecanizarán en la fresadora.

Los pasos de su fabricación son los siguientes:

1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se escuadrea en una fresadora. Dejando en la altura de la pieza 0,4 mm de demasía para rectificar.

2.- Se taladran los agujeros para las guías de las correderas. Se taladran a un diámetro más pequeño que el correcto, que se harán más adelante.



3.- Se mecaniza todo dejándolo según plano.

4.- Se terminan los agujeros para las guías, dejando la medida dentro de tolerancia según plano.

*En la foto cuñas movimiento 2 y 3 con sus respectivas columnas guías.*

5.- Se les da un tratamiento superficial de nitrurado.

6.- Las piezas están terminadas para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa.

### 6.1.3.11.- Regles cuna y deslizadera corredera 1

Estas piezas forman parte de la corredera 1, son la parte de la corredera que está amarrada a la placa macho, y su vez es donde desliza dicha corredera.

Son piezas que sufren bastante con lo que se fabricarán en acero 2311, y después se les hará un tratamiento de nitrurado. Se mecanizarán en la fresadora.

Los pasos de su fabricación son los siguientes:

- 1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se escuadrea en una fresadora.
- 2.- Se taladran los agujeros para las guías de las correderas. Se taladran a un diámetro más pequeño que el correcto, que se harán más adelante.
- 3.- Se mecaniza todo dejándolo según plano.
- 4.- Se terminan los agujeros para las guías, dejando la medida dentro de tolerancia según plano.
- 5.- Se les da un tratamiento superficial de nitrurado.
- 6.- Las piezas están terminadas para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa.

### 6.1.3.12.- Tirador de expulsión

Esta pieza es la encargada de mover el sistema de expulsión, accionado por la máquina inyectora. Está construido en acero 1730. Para su construcción se necesitará tanto torno como fresadora.

- 1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se cilindra en un torno.
- 2.- Se hace el agujero roscado
- 3.- Se pasa a la fresadora.
- 4.- en esta máquina se mecaniza una cara de la cabeza cilíndrica de la pieza.
- 5.- La pieza está terminada para un posterior montaje.

**6.1.3.13.- Aro centrador**

Esta pieza es la encargada de centrar la boquilla de la máquina inyectora en el molde. Está construido en acero 1730. Para su construcción se necesitará tanto torno como fresadora.

- 1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se cilindra en el torno según plano.
- 2.- Se pasa a la fresadora.
- 3.- Se hacen los agujeros pasantes para los tornillos.
- 5.- La pieza está terminada para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa.

**6.1.3.14.- Tacos de apoyo**

Estas piezas son las encargadas de sostener o apoyar la placa macho sobre la placa base. Está construido en acero 1730. Para su construcción se necesitará solo el torno.

- 1.- Partimos de una pieza en bruto, con sobre medida por todos los lados, y se cilindra en el torno según plano.
- 2.- Se hace el agujero roscado que lleva.
- 3.- La pieza está terminada para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa.

**6.1.3.15.- Expulsores**

Estas piezas son las encargadas de expulsar la pieza de plástico del molde, una vez finalizado todo el proceso de moldeo. Aunque son piezas comerciales, tienen que ser ajustadas a su medida correspondiente. Para su ajuste se necesitará solo el torno.

- 1.- Partimos del expulsor tal y como viene del proveedor correspondiente.
- 2.- Se deja con el torno a la medida según plano
- 3.- La pieza está terminada para un posterior montaje, ajuste en el banco y en la prensa.



## 6.2.- Montaje del molde

### 6.2.1.- Introducción

Una vez que ya se tienen todas las piezas fabricadas, se procederá a su montaje o ensamblaje. El proceso a llevar a cabo es ensamblar la parte fija y la parte móvil por separado. Una vez hecho esto se unirán y ajustarán las dos partes, después se realizarán las pruebas de llenado y se harán las comprobaciones en las piezas inyectadas. Si todo va bien el molde está listo para inyectar, si no se deberán corregir todos los problemas que hayan salido en este proceso.

### 6.2.2.- Montaje de la parte fija del molde

1.- Al montar el molde, se parte de las placas figura, del centro para afuera. En este caso empezaremos por la placa cavidad, que es la parte fija del molde, para montar todo lo demás a partir de ahí.



2.- Instalamos la cámara caliente. Para esto ponemos todo el cableado, conexiones de termopares, resistencias, etc. Todo esto se lleva a una caja de conexiones, que después se conecta a la máquina de inyección.

3.- La parte fija del molde lleva unas correderas con ángulo inclinado, para facilitar el desmoldeo de la pieza, y un sistema hidráulico. Así que se insertan las correderas, guías, cilindros hidráulicos y todos los componentes mecánicos con movimiento. También se monta el circuito del aceite hidráulico para su perfecto funcionamiento.

4.- Por último se monta la placa base superior. A esta placa se le pone una placa aislante amarrada a la placa superior. Con esto se consigue que el molde pierda menos temperatura, consiguiendo así un mejor funcionamiento del mismo.

### 6.2.3.- Montaje de la parte móvil del molde

1.- Al igual que en la parte fija, se pone la placa macho (la parte móvil) con la figura hacia abajo, y se empieza a montar todo lo demás a partir de ahí.

2.- Se monta la placa expulsora superior. Es aquí donde se alojan todas las cabezas de los expulsores. En esta placa se instalan todos los casquillos de expulsión.

3.- Ahora montamos la placa inferior. En esta placa se aloja el tirante de expulsión, que es el que hace que la máquina expulsora mueva el sistema de expulsión.



4.- Seguido insertamos la placa base inferior. Es aquí donde van atornillados los tacos, guías de expulsión y reglas, que se montan también.

Todo lo que hay puesto hasta este momento se atornilla a la placa figura, que en este caso es la placa macho.

5.- Ahora giramos esta parte de manera que dejemos la figura hacia arriba.

6.- Una vez que está en esta posición, se montan los movimientos del molde, como las correderas pequeñas y las dos correderas grandes.

En la foto vemos una corredera grande lista para su montaje



### 6.2.4.- Montaje de las dos partes del molde

1.- Una vez que tenemos las dos partes del molde montadas por separado, parte móvil y parte fija, procederemos a juntarlas cerrando el molde, y se hará un preajuste.



2.- Se amarra el molde en la prensa, permitiendo su apertura tal y se abrirá en la máquina de inyección, aunque en este caso la apertura será vertical.

En la foto vemos el molde dentro de la prensa

3.- En este punto se hace el ajuste final. Para ello se usa minio, que es una pintura especial para esta tarea, viendo de esta forma donde no hace un cierre total.



4.- Una vez ajustado se lleva a la máquina de inyección donde se ensambla. Entonces el molde ya está listo para hacer las primeras pruebas de inyección.



5.- En la máquina inyectora se ajustan los diferentes parámetros de inyección, como por ejemplo la presión de inyección, tiempo de enfriado, compactación, etc. Por eso las primeras piezas inyectadas salen inacabadas, debido a que no se les ha inyectado con los parámetros adecuados.

6.- Con las primeras piezas inyectadas perfectamente se comprueban todas las medidas, para así asegurarnos de que las piezas están según plano, y que el cliente se quede conforme.

En la foto vemos el molde abierto, justo antes de expulsar unas de las primeras piezas inyectadas



7.- Después de todo lo anterior, se procede a pulir las placas figura, en las partes que lo necesiten. Para conseguir que las piezas inyectadas estén dentro de tolerancia según los requerimientos del cliente.

## 7.- MANTENIMIENTO DEL MOLDE

Un mantenimiento deficiente del molde acarrea un deterioro de la calidad de la pieza y de las condiciones de moldeo hasta el punto que se requerirá un procesado agresivo en vistas a obtener piezas de calidad aceptable. Para compensar las inyectadas cortas o las rebabas en los productos detectadas por los operarios, éstos tienden a aumentar las presiones de inyección y luego incrementar las fuerzas de cierre para mantener el molde cerrado durante la inyección. Esto conduce a un proceso degenerativo de aumento de la fuerza de cierre, que a su vez conlleva un desgaste acelerado del molde. El resultado es la inactividad innecesaria y costosa que hubiera podido evitarse mediante la simple aplicación de un programa de mantenimiento válido.

El programa de mantenimiento de moldes debe considerarse como un programa preventivo integrado dentro de fábrica. Puesto que los programas de mantenimiento repercuten en la producción, en la organización de los turnos, en los presupuestos de operación y en los niveles del personal, deben tener el apoyo de la dirección y ser utilizados como una herramienta por el personal de la planta.

Los programas de mantenimiento pueden variar según el tipo de molde, las resinas usadas, el tipo de canales, las variables de proceso, así como del entorno de funcionamiento. El molde es la parte más delicada y costosa del proceso de inyección, por lo tanto tenemos que utilizar el máximo cuidado en su manejo y utilizar los sistemas de mantenimiento preventivo necesarios para evitar roturas y aumentar la vida útil del mismo.

Los mantenimientos preventivos a realizar en el molde, pueden ser: Cuando está en máquina realizando una determinada serie y cuando está fuera de máquina.

## 7.1.- Montaje seguro de los moldes

Los pernos y abrazaderas de montaje pueden llegar a aflojarse durante el ciclo de moldeo y por tanto deben ser revisados y apretados regularmente para sustituir los posibles tornillos gastados o dañados y comprobar el estado de la brida de montaje del molde en vistas a detectar cualquier señal de desgaste o de envejecimiento. De no hacerlo, se pueden producir graves daños o accidentes.

Los moldes o máquinas que no hayan sido niveladas como es debido, están sometidas a una carga desigual y a un consiguiente desgaste acelerado. Usar un nivel electrónico para comprobar la nivelación de la máquina y posteriormente la del molde, constituye un paso importantísimo en vistas a reducir el desgaste del equipo. Este aspecto deberá ser comprobado regularmente.

## 7.2.- Requisitos de limpieza

Limpieza de la partición del molde. En la zona de ajuste del molde se suelen ir quedando restos de material, pequeñas partículas producidas en el desmoldeo. También los gases de la transformación del plástico suelen licuarse/solidificarse parcialmente en esta zona y principalmente en aquellas que corresponden a la última zona de llenado de la pieza. La limpieza se suele hacer con alcohol u elemento similar.

Limpiar cuidadosamente las superficies de cierre, tapas, orificios de ventilación y planos de separación, utilizando los limpiadores y útiles adecuados. Por ejemplo, un sistema de limpieza industrial del tipo "dry-ice" (proyección de un chorro de partículas de hielo seco) puede resultar muy ventajoso para acelerar el proceso y la profundidad de la limpieza, al tiempo que se evita el uso de disolventes agresivos. Si el operario no dispone de este tipo de sistema de limpieza basado en la proyección de partículas de hielo seco, se recomienda la utilización de gamuzas de limpieza suave, no abrasivas, a fin de reducir las posibilidades de dañar o redondear los cantos afilados. Una contaminación grave puede requerir un desmontaje completo y todo tipo de residuos presentes debidos al proceso de limpieza deberán ser eliminados de la cara del molde. Los disolventes para limpieza deberán usarse con moderación a fin de prevenir la eliminación del lubricante presente en las áreas de difícil acceso.



### 7.3.- Requisitos de lubricación

Engrasar columnas o guías del molde y alojamientos. Dado que estas zonas están muy ajustas es necesario que estén bien lubricadas con grasas especiales para guías. Si no se realiza, el gripado de las columnas y alojamientos pueden aparecer y con mayor seguridad en aquellos casos en que tenemos temperaturas diferentes (dilataciones diferentes) en ambas mitades del molde. (gripamiento es cuando dos elementos metálicos con una calidad superficial, se desplazan uno contra otro, un numero alto de veces y sin elemento lubricante, se produce un deterioro progresivo de las superficies, dependiendo de la dureza de las mismas, que hace que el rozamiento sea mayor y el deterioro según progresan los desplazamientos)

Engrase de otros elementos móviles del molde. Pueden existir otros elementos móviles del molde, que tengan fácil acceso como son las correderas y guías de corredera. Como concepto podemos decir que cualquier elemento móvil de un molde que no tenga sistema de engrase o utilice elementos autolubrificantes (por ejemplo casquillos de grafito), tienen que ser engrasados periódicamente.

### 7.4.- Limpieza de las salidas de gases

Las salidas de gases practicadas en el molde en las zonas de terminación de la pieza, suelen ir tapándose progresivamente. Es necesario limpiarlas y dejarlas efectivas para evitar defectos en las piezas y deterioro en la superficie del molde en dichas zonas. Medir los orificios de ventilación para asegurar que correspondan con las especificaciones. Limpiar la profundidad los orificios de ventilación según especificaciones a fin que no se requieran presiones de inyección más elevadas para llenar la pieza.

### 7.5.- Extremar precauciones con las funciones del expulsor

Es importante seguir las indicaciones del fabricante en el momento del desmontaje y de trabajar detrás de las placas del expulsor, bien sea en la máquina o en un banco de trabajo. Cuando se trabaje detrás de una placa de expulsor, se deberá siempre bloquear la placa para impedir que un movimiento incontrolado pueda provocar un grave accidente. Se deberá revisar ocasionalmente las barras del expulsor para asegurarse de que estén rectas, de igual longitud y apretadas con toda seguridad.

### 7.6.- Comprobar todos los insertos

Cuando los insertos de moldeo estén desmontados, hay que comprobar el fresado y el desgaste, y prever su sustitución antes de que se vea afectada la calidad de la pieza. También hay que asegurarse de que todas las superficies de sellado estén limpias y que los canales de refrigeración estén exentos de toda contaminación que pudiera causar cualquier defecto en el producto o provocar una ralentización del ciclo. Debe comprobarse que todos los vástagos y cavidades tengan la misma temperatura durante el moldeo de las piezas.



## 7.7.- Mantener un control de la refrigeración del molde

En la base del molde se encuentra un dispositivo para la refrigeración o tapón que permite comprobar la ausencia de sedimentos o restos de corrosión en los canales de refrigeración del molde. Dichos posibles sedimentos, presentes en los conductos de refrigeración de las superficies del molde, tendrían una repercusión en la transferencia de calor y crearían zonas calientes, afectando de esta manera los tiempos de ciclo. Se recomienda en tal caso limpiar todos los conductos de refrigeración del molde y realizar una evaluación de la calidad del agua. No sólo se tiene que comprobar el pH del agua de los sistemas de refrigeración, sino también la contaminación microbiológica que podría corroer el hierro de la microestructura del molde; asimismo, se debe desconectar los intercambiadores de calor, las cavidades del vástago y retirar los tubos que presenten sedimentos. El usuario debe recurrir a una empresa especializada en vistas a seleccionar el tratamiento correcto del agua de los circuitos cerrados de la planta. A largo plazo, estas precauciones protegen la inversión y mantienen los ciclos con la máxima productividad.

## 7.8.- Control de la alineación

Los moldes son muy sensibles a la alineación y al desgaste desigual, por lo que hay que asegurarse de que los platos de la máquina estén paralelos de acuerdo con las especificaciones técnicas. Para conocerlas, puede consultarse con el proveedor de la máquina para conocer los límites aceptables. La máquina deberá ser capaz de aplicar una fuerza de cierre igual en toda la superficie del molde, de lo contrario, aparecerán rebabas en uno de los cuadrantes del molde. Los diámetros de inyección pueden ser diferentes según el lado de inyección o de la unidad de cierre, por ello no se deben mezclar los fondos de cavidad en el momento en que se lleve a cabo el mantenimiento, de lo contrario se producirán problemas de llenado.

## 7.9.- El canal caliente, el corazón del molde

A pesar de que existe una gran variedad de canales calientes en el mercado, la facilidad de acceso a todos los componentes del canal caliente para poder realizar su mantenimiento es una cuestión que debe ser contemplada en primer lugar en el momento de la adquisición de un molde. El mantenimiento periódico del canal caliente implica relativamente pocas actividades y éstas, por lo general, pueden ser realizadas en la propia máquina siempre y cuando el diseño del molde permita el acceso. Éste es el momento de considerar que la inversión inicial del mejor utillaje compensa ampliamente. Los problemas reiterados en el arranque del molde o en la calidad del punto de inyección son indicadores claros de que se requiere un mantenimiento más minucioso.

La inspección y sustitución de las puntas de boquilla empieza por un desmontaje seguro de la placa de cavidades del molde. Hay que retirar el aislamiento de plástico e inspeccionar la punta de la boquilla. La forma ovalada debe permanecer intacta y sin desgaste ni agrietamiento debido a residuos de material o a la fatiga. Hay que revisar la altura de la punta de la boquilla a fin de garantizar una excelente calidad del punto de inyección. Hay que ceñirse a las recomendaciones del fabricante y reemplazarla si es necesario.

Es importante limpiar cuidadosamente el punto de inyección con el mismo cuidado que una superficie de moldeo y extremar las precauciones en las áreas de sellado entre el canal caliente y la cavidad, puesto que la mínima ralladura puede ser causante de una fuga debido a las elevadas presiones de inyección aplicadas.

Los canales calientes con obturador requieren el cambio periódico de los retenes de los pistones del obturador. En tal caso, se debe retirar la placa de cierre a fin de poder acceder al pistón, limpiar el pistón, diámetro y conductos de aire a fin de eliminar cualquier resto de resina y sustituir el retén. Es esencial que todas las superficies de contacto de los platos del canal caliente y casquillos estén limpias y exentas de ralladuras o mellas. El remontaje, en la mayoría de los diferentes diseños de canales calientes, debe llevarse a cabo a temperatura ambiente, de lo contrario se pueden producir graves daños en las superficies de sellado.

Después de haber realizado cada mantenimiento periódico del canal caliente, se deben realizar las comprobaciones eléctricas pertinentes antes de volver a conectar la fuente de alimentación del sistema. Se han de comprobar, con la ayuda de un ohmímetro y utilizando los esquemas eléctricos correspondientes, que no haya cortocircuitos ni circuitos abiertos. Una comprobación térmica de cada circuito eléctrico individual asegura que los cables han sido instalados adecuadamente y ahorra tiempo cuando se vuelva a poner el molde en servicio. Se deben extremar las precauciones si el canal caliente todavía contiene plástico en el momento de llevar a cabo la comprobación térmica en un banco de trabajo. El personal que se encuentre cerca debe estar protegido del plástico en fusión pulverizado procedente de los puntos o boquillas de inyección.

## 7.10.- Eliminar arrastres o negativos

En la zona de ajuste que corresponde a la parte más próxima a la pieza, pueden aparecer pequeños negativos (nota: Llamamos negativo en el molde a aquellas zonas del mismo que no llevan exactamente la misma dirección de desmoldeo de la pieza). Estos pequeños negativos ocasionan los arrastres de material en la pieza. Estos arrastres son pequeños restos de material plástico sólido, que suele quedarse en la zona de ajuste que hace el negativo. Cuando cierra el molde nuevamente, la zona de ajuste del mismo, pisa el resto de material, deformando el acero del molde y a su vez creando mayor negativo, lo que ocasiona que en el próximo ciclo de inyección se cree mayor arrastre. Vemos que a medida que se trabaja se va deteriorando más el molde, por lo tanto la intervención tiene que ser rápida.

## 7.11.- Ruidos en molde anormales

Es necesario conocer los ruidos normales del molde cuando está trabajando, para detectar cualquier ruido anormal del mismo, síntoma de que algo no funciona correctamente. El solo acercase al molde y sin parar la máquina observar cómo trabaja y los sonidos que tiene, es un mantenimiento que puede detectar averías que en principio son pequeñas, pero que si no se solucionan pueden ser de gran envergadura.

## 7.12.- Cuando se termina la serie

Cuando se ha terminado la serie y se va a cambiar el molde, hay que tener la precaución de limpiar ambas superficies del molde y proteger con líquido protector (es como un aceite especial que no gotea). De aquí puede ir al almacén de moldes o al taller para revisión o reparación.



# **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

Titulación:

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO**

Título del proyecto:

## **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECTAR PIEZA DE PLÁSTICO**

### **PRESUPUESTO**

Fernando, Andrés Simón

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, Septiembre de 2012

**INDICE**

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. COMPRA DE MATERIALES .....	4
3. COSTES DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN .....	5
4. CHATARRA PRODUCIDA EN LA FABRICACIÓN .....	6
5. ELEMENTOS COMERCIALES .....	7
6. COSTE NETO .....	8
7. COSTE TOTAL .....	8

## 1.- INTRODUCCIÓN

Este documento es para realizar un presupuesto aproximado del diseño del molde. Contabilizando materiales, mecanizado, montaje y ajuste, para así hacerse una idea del coste de fabricación del molde. Lo normal es que a causa de la multitud de procesos y materiales que entran en juego resulte complicado fijar un precio exacto.

De manera que en muchas ocasiones el coste final del molde puede presentar pequeñas variaciones respecto del presupuesto. Generalmente el causante de estas variaciones son errores en el cálculo de horas de mecanizado ya que las horas calculadas siempre son estimadas y es difícil hacer un cálculo exacto. También durante la fabricación del molde pueden surgir imprevistos que pueden cambiar los planes de producción y en consecuencia el coste final.

Pero en este caso es distinto, en vez de llamarse presupuesto debería llamarse estudio de costes. Esto es debido a que este presupuesto no es una estimación, sino el coste real de este proyecto.

Con lo cual en este documento se calculará todos los costes del proyecto, el coste neto y el coste final. Para ello se empezará calculando los costes de las diferentes partes, materiales, horas de mecanizado, chatarra y elementos comerciales. A todo esto se le aplicará el beneficio industrial y finalmente el IVA.

En este apartado hay que resaltar que todo el molde, excepto los elementos comerciales, lo construimos en nuestras instalaciones, con lo que no hay ningún trabajo externo que lleve un coste de este tipo para este proyecto.

Para poder reducir los costes lo máximo posible, en la parte de elementos comerciales, se ha recurrido a catálogos con diferentes piezas normalizadas que no tendrán que pasar ningún proceso. Piezas que son directamente para el montaje del molde y otras piezas que se intentan obtener lo más parecido a las necesidades que se buscan, para tener que hacer el mínimo de modificaciones.

En este proyecto solo se recoge el diseño y fabricación del mismo, quedando fuera el estudio económico del precio de pieza que este molde fabricará. Esto es debido a que el cliente tan solo quiere el molde, siendo este el que inyectará las piezas para el que se ha fabricado este molde estimando su coste.

A continuación veamos con más detalle cada uno de los diferentes gastos.



## 2.- COMPRA DE MATERIALES

En este apartado contabilizamos todos los materiales en bruto para la fabricación de las diferentes piezas del molde. Todos los materiales son aceros excepto la placa aislante que es de fibra de vidrio.

Unidades	Denominación	Material	Dimensiones Pieza Acabada	kg Pieza en Bruto	Precio/kg Euros	Precio Pieza/s
1	Placa cavidad	2711	696 x 896 x 210	1174	3,00 €	3522
1	Placa macho	2711	696 x 896 x 196	1096	3,00 €	3288
2	Corredera 1	2711	620 x 125 x 110	76	3,00 €	456
2	Corredera 2	2711	82 x 48 x 43	1,5	3,00 €	9
2	Chapita corredera 2	2711	40 x 30 x 5	0,055	3,00 €	0,33
2	Corredera 3	2711	171 x 43 x 37	2,5	3,00 €	15
2	Chapita corredera 3	2711	30 x 30 x 5	0,05	3,00 €	0,3
4	Movimiento cavidad	2711	72 x 45 x 20	0,6	3,00 €	7,2
4	Postizo cavidad	2711	28 x 26 x 20	0,13	3,00 €	1,56
4	Cilindro cavidad	2711	Ø 8 x 35	0,02	3,00 €	0,24
8	Placas deslizadera 1	2311	148 x 140 x 10	2	1,31 €	20,96
6	tacos deslizadera 1	2311	140 x 30 x 30	1,15	1,31 €	9,04
4	escuadras desliz. 1	2311	140 x 45 x 35	2	1,31 €	10,48
6	Regles cuna corre.1	2311	150 x 65 x 8	0,7	1,31 €	5,50
2	Deslizadera 2	2311	86 x 80 x 17	1	1,31 €	2,62
2	Cuna corredera 2	2311	80 x 45 x 40	1,3	1,31 €	3,41
2	Deslizadera 3	2311	100 x 70 x 38	2,4	1,31 €	6,29
2	Cuna corredera 3	2311	75 x 50 x 30	1	1,31 €	2,62
2	Regles	1730	896 x 120 x 156	302	1,14 €	688,56
1	Placa expulsora	1730	896 x 452 x 27	115	1,14 €	131,1
1	Placa sufridera exp.	1730	896 x 452 x 36	132	1,14 €	150,48
1	Placa base móvil	1730	696 x 896 x 56	303	1,14 €	345,42
1	Placa base fija	1730	696 x 896 x 56	303	1,14 €	345,42
1	Placa Porta cámara	1730	696 x 896 x 66	354	1,14 €	403,56
8	Tacos de apoyo	1730	Ø 80 x 156	7	1,14 €	63,84
1	Aro centrador	1730	Ø 125 x 35	3,8	1,14 €	4,33
1	Tirador expulsión	1730	Ø 40 x 80	0,9	1,14 €	1,03
4	Tapas cilindros	1730	115 x 110 x 8	0,9	1,14 €	4,10
2	Pletina fin carrera	1730	55 x 42 x 5	0,1	1,14 €	0,23
1	Placa aislante	fibra vidrio	686 x 886 x 10	4,75	60,80 €	288,8

**TOTAL 9787,42 €**

### 3.- COSTE DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN

Una vez que tenemos todos los materiales en bruto, se envían a mecanizar junto a los planos de diseño, para obtenerlas tal y como se desea. El cálculo de las horas de mecanizado resulta complicado y siempre se suele hacer una estimación de cuantas horas más o menos se va a tardar. Muchos moldistas suelen guiarse por otros moldes que ya se han realizado, y que saben cuantas horas se tardará en hacer según mecanizado.

Pero como hemos dicho antes, en este proyecto se trabaja con datos reales. Con lo que las horas de este apartado, son las horas que se han necesitado para la fabricación de este molde.

Cada proceso y especialización tiene un coste diferente, una misma pieza puede pasar por diferentes procesos o tratamientos hasta llegar a su forma final.

Con lo que a continuación se cuentan todas las horas que se han empleado por cada máquina para la fabricación del molde, con su correspondiente precio por hora de cada máquina.

Máquina	Tasa Horaria	Horas Trabajadas	Coste por Máquina
Oficina Técnica	24,89 €	144	3.584,16 €
Fresadora Grande	38,94 €	34,25	1.333,70 €
Fresadora	33,12 €	325,25	10.772,28 €
Centro de Mecanizado	33,12 €	174,5	5.779,44 €
Torno	33,12 €	10,5	347,76 €
Rectificadora	33,12 €	10	331,20 €
Corte por Hilo y Electroerosión	33,23 €	380,5	12.644,02 €
Banco, Montaje y Ajuste Molde	28,88 €	143	4.129,84 €
<b>TOTAL</b>		<b>1222</b>	<b>38.922,39 €</b>

## 4.- CHATARRA PRODUCIDA EN LA FABRICACIÓN

A partir del volumen de los tochos en bruto de cada pieza, y sabiendo el volumen final de las mismas, podemos calcular la chatarra total que se va a producir en la fabricación del molde. Esto no se contará como un gasto, sino como un ingreso, ya que la chatarra tiene un valor y puede ser reciclada.

Unidades	Denominación	kg Pieza en Bruto	kg Pieza Acabada	kg Chatarra Pieza/s
1	Placa cavidad	1174	769,4	404,6
1	Placa macho	1096	578,8	517,2
2	Corredera 1	76	46,8	58,4
2	Corredera 2	1,5	1,25	0,5
2	Chapita corredera 2	0,06	0,03	0,06
2	Corredera 3	2,5	0,9	3,2
2	Chapita corredera 3	0,05	0,03	0,04
4	Movimiento cavidad	0,6	0,27	1,32
4	Postizo cavidad	0,13	0,04	0,36
2	Deslizadera 1	10,15	5,15	10
6	Regles cuna corre.1	0,7	0,6	0,6
2	Deslizadera 2	1,25	1	0,5
2	Cuna corredera 2	1,3	0,7	1,2
2	Deslizadera 3	2,4	1,3	2,2
2	Cuna corredera 3	1	0,5	1
2	Regles	302	121	362
1	Placa expulsora	115	71,7	43,3
1	Placa sufridera exp.	132	97,6	34,4
1	Placa base móvil	303	250,5	52,5
1	Placa base fija	303	252	51
1	Placa Porta cámara	354	271,2	82,8
8	Tacos de apoyo	7	6	8
1	Aro centrador	3,8	1,24	2,56
1	Tirador expulsión	0,9	0,5	0,4
4	Tapas cilindros	0,9	0,7	0,8
2	Pletina fin carrera	0,1	0,08	0,04

**Total Kg 1639**

El precio de la chatarra de acero es de 0,225 euros el kilo, con lo que el valor de este desecho es de **368,77 euros**.

## 5.- ELEMENTOS COMERCIALES

Todo esto que aparece en esta lista, son elementos necesarios para la fabricación del molde. Como su nombre indica, son elementos comerciales que han sido comprados a terceras empresas, proveedores, con lo que no los hemos fabricado nosotros.

Cantidad	Proveedor	Denominación Material	Precio Unitario €	Total Neto €
6	Eldracher S.L.	Expulsor Ø 6x290, Tipo A, Nitrurado	2,42	14,52
4	Eldracher S.L.	Expulsor Ø 6x245, TIPO A, Nitrurado	1,94	7,76
4	Eldracher S.L.	Expulsor Ø 32x240, TIPO A, Nitrurado	51,22	204,88
12	Eldracher S.L.	Expulsor Ø 10x315, TIPO A, Nitrurado	5,84	70,08
24	Eldracher S.L.	Expulsor Ø 10x301, TIPO A, Nitrurado	4,08	97,92
6	Eldracher S.L.	Casquillo Bronce-Grafito BR13W/32x36	39,22	235,32
4	Eldracher S.L.	Casquillo Centraje CC2S/54X100	16,77	67,08
4	Eldracher S.L.	Casquillo Centraje CC2S/54X160	28,98	115,92
4	Eldracher S.L.	Casquillo CV2S 42X115 (BR-10)	60,57	242,28
2	Eldracher S.L.	Columna guía GBE 12X115	1,78	3,56
2	Eldracher S.L.	Columna Guía GBE 12X140	2,47	4,94
6	Eldracher S.L.	Columna Guía GCS 30 x 42x 325	24,87	149,22
4	Eldracher S.L.	Columna Guía G2/30X325	22,67	90,68
4	Eldracher S.L.	Columna Guía GC2S 42 x 195 x 246	37,7	150,8
2	Eldracher S.L.	2 Fechadores 1057SF (meses)	80,8	161,6
2	Eldracher S.L.	2 Fechadores 105706 (años)	82,05	164,1
1	Eldracher S.L.	Tornillería	147,2	147,2
1	Suatec S.A.L.	Resto de tornillos y pasadores	37,38	37,38
10	Suatec S.A.L.	Tornillos M5 x 50	0,27	2,689
2	Suatec S.A.L.	Tornillos M20 x 130 Unbraco	5,87	11,74
1	Bru y Rubio S.L.	Cámara caliente	2000	2000
4	Fluitemnik S.A.	Cilindro Hidráulico SMC GB25-10M	97,62	390,48
1	Fluitemnik S.A.	Detector SMC D-A93L	21,22	21,22
1	Elektra S.A.	Caja Bornes HDC	40,04	40,04
1	Talleres Cohimer S.L.	10 Codos 90° 1/8 6LL	50,49	50,48
1	Talleres Cohimer S.L.	8 Racores Macho 1/8 Cónico Tubo 6LL	18,95	18,95
1	Talleres Cohimer S.L.	4 T T Tubo-Tubo 6L	28,11	28,11
1	Talleres Cohimer S.L.	3 metros de tubo de hierro de 6	14	14
1	Talleres Cohimer S.L.	10 Anillos de 6	3,45	3,45
1	Talleres Cohimer S.L.	5 Codos 90° Tubo-Tubo 6 L	27,31	27,31
1	Talleres Cohimer S.L.	6 Arandelas Metal Goma 1/4	2,55	2,55
1	Talleres Cohimer S.L.	2 Arandelas Metal Oma 3/8	0,92	0,92
1	Talleres Cohimer S.L.	4 Racores 1/4 6 L	10,90	10,90
1	Talleres Cohimer S.L.	2 Racores M-M 3/8-1/4	2,07	2,07
1	Talleres Cohimer S.L.	Conector NV 3/8 Completo	25,34	25,34

**TOTAL 4615,50€**

## 6.- COSTE NETO

Una vez que ya tenemos todas las diferentes partes del presupuesto calculados, procedemos a calcular el coste de fabricación del molde.

Denominación	Coste €
Materiales en Bruto	9.787,42 €
Proceso de Fabricación	38.922,39 €
Venta de Chatarra	-368,77 €
Elementos Comerciales	4.615,50 €
<b>TOTAL</b>	<b>52.956,54 €</b>

Para calcular el coste neto hay que sumar al coste de fabricación el beneficio industrial, que es el 10% de este coste.

Coste de Fabricación	52.956,54 €
Beneficio Industrial 10%	5.295,65 €
<b>COSTE NETO</b>	<b>58.252,19 €</b>

## 7.- COSTE TOTAL

Para calcular el coste total de este proyecto hay que sumar el 18 % de IVA al coste neto.

COSTE NETO	58.252,19 €
18 % IVA	10.485,39 €
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>68.737,58 €</b>



# **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

Titulación:

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO**

Título del proyecto:

## **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA INYECTAR PIEZA DE PLÁSTICO**

### **BIBLIOGRAFÍA**

Fernando, Andrés Simón

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, Septiembre de 2012



## 1.- Libros

- Moldes para Inyección de Plásticos. G. Menges, G. Mohren. Editorial Gustavo Gili.
- Materiales para moldes y matrices de la industria plástica. Biferno S.A. Editorial E. Florentino.
- Ingeniería de los Materiales Plásticos. M. Ramos Carpio, M. de Maria Ruiz. Editorial Díaz de Santos.
- Inyección de termoplástico. José Luis Urrazo, Editorial Grupo Emitec
- Moldeo y conformación. Heirich Gerling. Editorial Reverte
- Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plástico. Gianni Bodini. Editorial Mc Graw-Hill
- Industria del plástico: plástico industria. Terry L. Richardson. Editorial Paraninfo
- Introducción a la tecnología de los plásticos. Ángel Ramírez Márquez. Editorial Hanser
- Materiales plásticos: propiedades y aplicaciones. L.N. Noriega. Editorial Limusa
- Procesamiento de plásticos: inyección, moldeo, hule, PVC. D.H. Morton-Jones. Editorial Limusa
- Tecnología de los plásticos. A.M. Ortiz. editorial Hanser
- Matricería y molde. Editorial Edebé

## 2.- Catálogos

- ORYMO. Moldes de precisión OP.
- ELDRACHER. Guiado y centraje matricería y moldes.

### 3.- Páginas web

- <http://www.interempresas.net/Plastico/>
- <http://www.mailxmail.com/curso-inyeccion-termoplasticos>
- <http://cncmoldes.com/moldes-de-inyeccion.html>
- <http://cepymearagon.blogspot.com.es/2012/02/manual-para-la-evaluacion-de-riesgos.html>
- <http://www.ambienteplastico.com>
- <http://www.emagister.com/curso-inyeccion-termoplasticos/molde-partes-basicas>